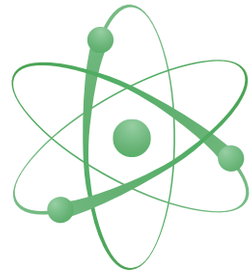
Kari Onnela • Tapio Patrikainen • Jouni Viiri

Ammatillinen FyKe

Tekniikka



Sanoma Pro Oy
Helsinki

Tiedustelut
Sanoma Pro Oy, Helsinki
puh. 020 391 000
sähköposti: asiakaspalvelu@sanomapro.fi

www.sanomapro.fi

Kustantaja: Sanoma Pro Oy

Tämä aineisto pohjautuu painettuun teokseen
ISBN 978-952-63-3670-1 Ammatillinen FyKe Tekniikka

6 kk:n lisenssi: ISBN 978-952-63-3772-2
48 kk:n lisenssi: ISBN 978-952-63-3773-9

Toimitus: Niko Haarala ja Leena Koskua
Kansi ja ulkoasu: gravision / Jaana Rautio
Taitto: Hilkka Hyvärinen
Piirroskuvitus: Seitsara Design / Jaan Seitsara; Eila Sinivuori (etusisäkannen kuva); Anne-Mari Taskinen (s. 33, 50, 61)

© Kari Onnela, Tapio Patrikainen, Jouni Viiri ja Sanoma Pro Oy

Kopiointiehdot
Tämä teos on digitaalinen oppikirja, joka on suojattu tekijänoikeuslailla (404/61)

Valokuvien lähteet
Oy AGA Ab: s. 110
Colourbox: s. 8, 27, 40, 49, 102, 105, 126, 134, 144, 152, 166, 177, 181 , 217, 259, 306, 307, 315, 317
CP Kelco Oy: s. 201
Getty Images: s. 79
Onnela, Kari: s. 31 (oik.), 225, 226, 314
Patrikainen, Tapio: s. 199, takasisäkansi (pH-väriasteikko)
Rakennuskemia Oy: s. 167
Sanoma Pro Oy: s. 9, 20, 31 (vas), 44, 72, 96, 97, 99, 108, 113, 122, 135, 155, 159, 160, 192, 193, 218, 219, 221, 227, 260, 282, 293, 308
Shutterstock: s. 150, 170, 174, 184
Teollisuuden Voima Oyj: 271
Viiri, Jouni: s. 111

Käyttäjälle

Ammatillinen FyKe Tekniikka on tarkoitettu toisen asteen ammatillisia opintoja tukevien yhteisten tutkinnon osien (ns. YTO-aineet) fysiikan ja kemian opintojaksojen oppikirjaksi. Fysiikan ja kemian asioita kerrataan ja syvennetään eri tekniikan aloihin liittyvien esimerkkien ja tehtävien avulla. Kirjassa painotetaan ilmiöiden sekä tekniikan ja liikenteen käytännön yhdistämistä.

Kirjan painetussa versiossa on sekä fysiikan että kemian keskeiset asiasisällöt. Kirja ilmestyy painetun kirjan lisäksi myös digikirjana, jossa on lisäksi lukuihin littyvät valinnaiset osuudet. Sisältö on toteutettu niin, että ne luvut voidaan käsitellä kevyemmin, joiden tietosisältö omaksutaan oman alan ammatillisissa opinnoissa. Siten esimerkiksi sähköalan opiskelijoiden kanssa voidaan käsitellä tästä kirjasta muut kuin sähköopin osuudet. Samoin esimerkiksi laboratorioalan ja prosessitekniikan opiskelijat voivat keskittyä fysiikan lukuihin, koska he opiskelevat kemian perusteet omien ammattialojensa tutkinnonosissa.

Kirjan yhtenä päätavoitteena on myös ollut runsas ja monipuolinen harjoitustehtävien tarjoama eriyttämismahdollisuus. Kirjan tehtävien ratkaisut ovat tarjolla sähköisesti sekä opettajille että oppilaille. Työturvallisuus ja kestävä kehitys on sisällytetty läpäiseväksi teemaksi koko kirjassa. Työturvallisuudesta käsitellään muun muassa säteilyturvallisuus, melu, sähköturvallisuus, työturvallisuus rakennusalalla sekä kemikaaliturvallisuus.

Helsingissä, Oulussa ja Jyväskylässä tammikuussa 2016

Tekijät

Sisällys

Käyttäjälle 3

FYSIIKKA

1 Mekaniikka käsittelee liikeilmiöitä 8

Nopeus on mitattava suure, joka kuvaa liikettä 9
Nopeus on ajassa kuljettu matka..... 11
Tasaisen liikkeen nopeus ei muutu 14
Kiihtyvyys kuvaa nopeuden muutosta ... 16
Pyörimisliikkeessä kappaleen jokainen piste kiertää ympyrärataa 44
Voima voi muuttaa kappaleen liikettä ... 20
Kappaleen paino aiheutuu Maan vetovoimasta 23
Voima ja vastavoima ovat yhtä suuret, mutta ne vaikuttavat eri kappaleisiin ... 23
Voiman momentti kuvaa kappaleeseen kohdistuvaa vääntövaikutusta 24
Kitkavoima vastustaa liikettä 27
Tehokas kone vaatii energiaa 28

Tiivistelmä 32
Turvallista työskentelyä rakennusalalla 33
Tehtävät 35

FYSIIKKA

2 Ei lämpöä harakoille 40

Lämpötila mitataan muutoksesta..... 41
Lämpötilan muutos aiheuttaa lämpölaajenemisen 43
Jäähtyvä kappale luovuttaa lämpöenergiaa..... 46
Lämpöenergia siirtyy lämpimästä kylmään 50
Olomuodon muutoksessa sitoutuu tai vapautuu energiaa 56
Paine kuvaa voiman vaikutusta 62

Tiivistelmä 64
Tehtävät 65

FYSIIKKA

3 Sähköllä siirretään energiaa 72

Hankaussähkö seuraa sähkövarauksista 73
Sähkövirta on varausten liikettä 75
Jännite on varaustilan ero 77
Vastuksella on resistanssi 80
Sähkövirta siirtää sähköenergiaa 82
Sähkövirta synnyttää sähkömagneetin 86
Kestomagneetin voimakkuutta ei voi muuttaa 87
Muuttuva magneettikenttä synnyttää jännitteen..... 88
Sähkö voi aiheuttaa vaaran..... 91

Tiivistelmä 93
Tehtävät 94

FYSIIKKA

4 Ääni on aaltoliikettä 102

Ääniaallot ovat paineen vaihteluita 103
Äänen voimakkuutta mitataan desibeleinä 104
Kaikki häiritsevä ääni on melua 105

Tiivistelmä 108
Tehtävät 108

FYSIIKKA

5 Valolla nähdään ja mitataan 110

Valo ja aine vuorovaikuttavat 111
Riittävä valaistus on tarpeen 116
Tiivistelmä 117
Tehtävät 118

FYSIIKKA

6 Aineen rakenne ja säteily 122

Aineen rakenne 123
Säteilyä on kaikkialla 125
Säteilyannos kuvaa säteilyn energiamäärää 130
Fuusiossa ytimet yhdistyvät..... 131
Tiivistelmä 131
Tehtävät 132

KEMIA

7 Aineet koostuvat atomeista 134

Aineet ovat alkuaineita,yhdisteitä ja niiden seoksia 135
Tiivistelmä 145
Tehtävät 146

KEMIA

8 Materiaalit muodostuvat yhdisteistä 150

Kiviainekset ja metallit koostuvat epäorgaanisista yhdisteistä 151
Orgaaniset yhdisteet ovat hiilen yhdisteitä 155
Tiivistelmä 162
Tehtävät 162

KEMIA

9 Seossuhde ilmoittaa aineen määrän 166

Aineiden poolisuus vaikuttaa liukenemiseen 169
Tiivistelmä 170
Tehtävät 171

KEMIA

10 Hapettumisessa ja pelkistymisessä siirtyy elektroneja 174

Ruostumisessa eli korroosiossa rauta hapettuu 175
Metallien sähkökemiallinen jännitesarja kertoo metallien jaloudesta 180
Tiivistelmä 185
Tehtävät 186

KEMIA

11 Happamuus ja emäksisyys ovat vesiliuosten ominaisuuksia 192

Hapot ja emäkset..... 193
pH-arvo kuvaa liuoksen happamuutta ... 197
Tiivistelmä 202
Tehtävät 202

LIITTEET 206

SI-järjestelmän perussuureet ja yksiköt 206
Kerrannaisyksiköiden etuliitteet 206
Elektronegatiivisuusarvot..... 207
Käyttöturvallisuustiedote (asetoni) 208

EU-direktiivin mukaiset määräysmerkit 215
Alkuaineiden jaksollinen järjestelmä ..... etusisäkansi
Kemikaalien varoitusmerkit ..... takasisäkansi
pH-väriasteikko ..... takasisäkansi

Valinnainen osuus

Luku 1 216
Pyörimisliikkeessä kappaleen jokainen piste kiertää ympyrärataa 217
Voima ja vastavoima ovat yhtä suuret, mutta ne vaikuttavat eri kappaleisiin 224
Kappaleeseen kohdistuu vääntövaikutus .. 225
Kitkavoima vastustaa liikettä 227
Tehtävät 231

Luku 2 241
Lämpömäärän laskeminen 242
Lämmönjohtumistehon laskeminen 242
Lämmönkuljetusteho 243
Paineen suuruuden laskeminen 244
Tehtävät 247

Luku 3 249
Vastusten kytkennällä saadaan haluttu resistanssi 250
Muuntajan muuntosuhde 253
Tehtävät 254

Luku 4 257
Taajuus kuvaa äänen korkeutta 258
Tehtävät 262

Luku 5 263
Valon polarisaatiossa värähtely suuntautuu 264
Tehtävät 267

Luku 6 268
Radioaktiivinen hajoaminen 269
Fissiossa ytimet halkeavat 271
Tehtävät 273

Luku 8 274
Lisätietoa materiaaleista 275
Orgaaniset materiaalit muodostuvat yhdisteistä 277
Tehtävät 284

Luku 9 286
Moolimäärä kertoo aineen rakenne-osasten lukumäärän 287
Väkevyys ilmoittaa liuoksessa olevan aineen määrän 291
Tehtävät 294

Luku 11 297
pH vaikuttaa reaktio-olosuhteisiin 298
Kierrätys kannattaa 305
Vie jätteet ekopisteisiin 305
Hiilidioksidi aiheuttaa ilmaston lämpenemistä 309
Happamat sateet pilaavat vesistöjä ja maaperää 310
Elinkaarianalyysi paljastaa ympäristö-vaikutukset 312
Hiilijalanjälki kuvaa tuotteen kasvi-huonevaikutusta 314
Energiatehokkuus ja uusiutuvan energian tuotto 315
Työskentele turvallisesti 316
Tehtävät 320

Luvut 1–6: Fysiikka
Luvut 7–11: Kemia

- Miten auton pyörän kiinni jäänyt pultti voidaan irrottaa ilman ruosteenestoaineita?
- Miksi rautanaula tuntuu kuumalta, kun vedät sen vasaralla puusta irti?
- Miksi paalutyyny syttyy tuleen paalutuksessa?

1 Mekaniikka käsittelee liikeilmiöitä

Mekaniikka on fysiikan osa-alue, joka on hyvin keskeinen tekniikassa. Monet tekniikan laitteet ja sovellukset perustuvat nimenomaan mekaniikan hyväksikäyttöön.

Eri lähteistä hankittava energia on koneiden toiminnalle välttämätöntä. Aikaisemmin energiaa saatiin esimerkiksi suoraan vesivoimasta myllyjen rattaiden pyörittämiseen. Tulevaisuudessa koneiden ja laitteiden on kestettävä entistä pidempään. Ne eivät myöskään saa aiheuttaa melu- tai tärinähaittoja eivätkä olla vaarallisia. On joko keksittävä keinot riittävän energiantuotannon turvaamiseksi tai kehitettävä koneita, jotka toimivat aiempaa pienemmällä energiamäärällä ja paremmalla hyötysuhteella.

Nopeus on mitattava suure, joka kuvaa liikettä

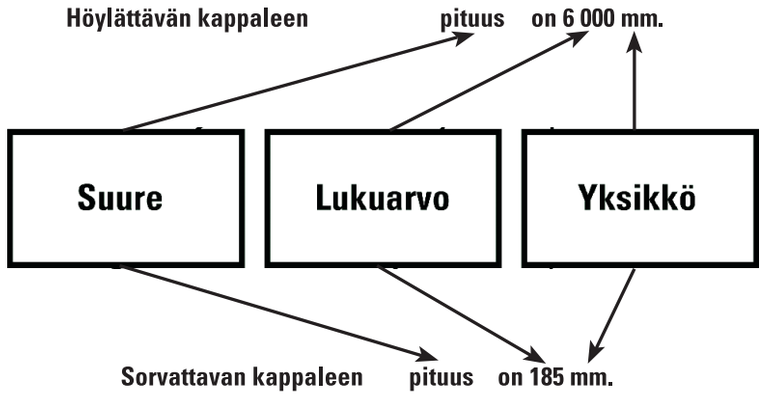
Höyläystä puusepän verstaassa

Puusepän työpajassa haluttiin selvittää, kuinka paljon puumateriaalia saadaan työpäivän aikana höylätyksi. Vastauksen saamiseksi työpajassa tutkittiin höylättävän kappaleen liikettä tasohöyläyksessä. Soiroon piirrettiin 75 cm:n välein merkki, jotta puun liikettä voitaisiin seurata höylässä.

Mitattiin, missä ajassa höylättävä kappale oli liikkunut 0,75 m. Matka ja aika kuvaavat höylättävän kappaleen liikettä. Ne ovat kappaleen mitattavia ominaisuuksia, joita nimitetään suureiksi.

Suure on kappaleen tai ilmiön mitattavissa oleva ominaisuus. Erilaisille mitattavissa oleville ominaisuuksille on sovittu kansainväliset perussuureet SI-mittayksikköjärjestelmässä.

Mittauksessa sorvattavan kappaleen pituus ilmoitetaan tavallisesti millimetreinä, koska se on tähän tarkoitukseen sopivin pituuden mittayksikkö. Mittauksessa selvitetään, kuinka monta kertaa yksikkö (mm) sisältyy mitattavaan kappaleeseen. On käytännöllistä valita yksikkö, jonka suuruus sopii mitattavaan kohteeseen hyvin. Esimerkiksi ikä on käytännöllistä ilmoittaa vuosina ja pitkät matkat kilometreinä. Sorvattavan kappaleen pituus on 185 mm. Millimetri on siis sisältynyt kappaleen pituuteen 185 kertaa. Tällöin luku 185 on lukuarvo ja millimetri on yksikkö.



Kansainvälistymisen myötä on luotu yhteinen maailmanlaajuinen mittayksikköjärjestelmä. Järjestelmäksi on hyväksytty kansainvälinen SI-mittayksikköjärjestelmä. Pituus on yksi seitsemästä perussuureesta. Muut perussuureet ovat massa, aika, lämpötila, sähkövirta, valovoima ja ainemäärä.

Kansainvälisen SI-järjestelmän perussuureita ja perusyksiköitä

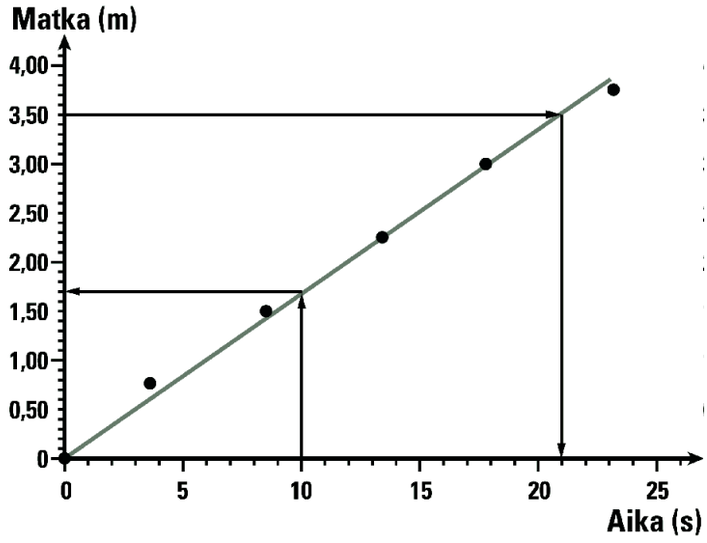
Perussuure	Perussuureen tunnus	Perusyksikkö	Perusyksikön tunnus	Selitys
Pituus	*l, s*	metri	m	kappaleen pituus, etäisyys
Massa	*m*	kilogramma	kg	esineen tai kappaleen massa
Aika	*t*	sekunti	s	tapahtuman kesto
Lämpötila	*T*	kelvin	K	kappaleen lämpötila
		celsius	°C	

Suomessa lämpötilan yksikkönä käytetään celsiusastetta (°C). Tieteessä ja tekniikassa taas kelvinien käyttö on yleisempää.

Nopeus on ajassa kuljettu matka

Kappaleen liikettä kuvaavat suureet ovat höyläyksessä matka ja aika. Ne voidaan esittää seuraavasti, jolloin kappaleen paikka kuvaa kuljettua matkaa.

Matka (m)	Aika (s)
0,00	0,00
0,75	3,64
1,50	8,49
2,25	13,33
3,25	17,92
3,50	21,00
3,75	23,17



Havaintopisteet ja niiden kautta kulkeva suora aika–matka-koordinaatistossa

Piirretään suora, joka kulkee mahdollisimman hyvin kaikkien havaintopisteiden kautta. Tältä suoralta voidaan lukea höylättävän soiron paikka millä hetkellä tahansa havaintopisteiden väliltäkin. Kuvaajasta esimerkiksi käy ilmi, että 10 sekunnissa soiro (kappale) on liikkunut 1,7 metriä. Vastaavasti huomataan, että soiro on edennyt 3,5 metriä 21 sekunnissa.

Höyläyksessä ei ole tärkeää tietää sekunnin tarkkuudella, miten pitkälle soiro liikkuu. Tärkeämpää saattaa olla tietää, miten nopeasti soiro keskimäärin liikkuu. Tätä kuvaa yleisesti suure keskinopeus. Nopeus saadaan lasketuksi, kun jaetaan kuljettu matka siihen käytetyllä ajalla.

Keskinopeuden yksikkö saadaan, kun jaetaan matkan yksikkö metri ajan yksiköllä sekunti. Keskinopeuden yksikkö on siten m/s (lue: metriä sekunnissa).

Keskinopeus

$$v_k = \frac{s}{t}$$

jossa s = kuljettu matka

t = matkaan käytetty aika.

Esimerkki 1 Kuinka suuri oli soiron keskinopeus a) aikavälillä, jolla soiro liikkuu 1,5 m, b) aikavälillä, jolla soiro liikkuu 3,25 m?

Ratkaisu: a) Taulukon mukaan matkaan $s = 1{,}50$ m on kulunut $t = 8{,}49$ s. Soiron keskinopeus on

$$v_k = \frac{s}{t} = \frac{1{,}5\ \text{m}}{8{,}49\ \text{s}} = 0{,}1767\frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 0{,}18\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) Vastaavasti kun matkaan $s = 3{,}25$ m on kulunut aikaa $t = 17{,}92$ s, saadaan

$$v_k = \frac{s}{t} = \frac{3{,}25\ \text{m}}{17{,}92\ \text{s}} = 0{,}1814\frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 0{,}18\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Vastaus: a) Ajassa 0–8,49 s soiron keskinopeus oli **0,18 m/s**.
b) Ajassa 0–17,92 s soiron keskinopeus oli **0,18 m/s**.

Esimerkki 2 Maantiematka Rovaniemeltä Jyväskylän kautta Helsinkiin on 840 km. Kuinka pitkä ajoaika on varattava, jos autoilija ajaa keskinopeudella 80 km/h?

Ratkaisu: Matka $s = 840$ km, ja keskinopeus $v_k = 80$ km/h. Ratkaistaan aika t keskinopeuden kaavasta

$$v_k = \frac{s}{t}, \text{ joten } t = \frac{s}{v_k}$$

$$t = \frac{840\ \text{km}}{80\ \text{km/h}} = 10{,}5\ \text{h} = 10\ \text{h} + 0{,}5 \cdot 60\ \text{min} = 10\ \text{h}\ 30\ \text{min}.$$

Vastaus: Ajoaikaa on varattava **10 h 30 min**.

Tulosten ilmoittaminen

Mittaustuloksen tarkkuuteen vaikuttavat käytettävä mitta ja sen tarkkuus.

Lukujen merkitsevyydestä on seuraavia sääntöjä:

Merkitseviä numeroita ovat kaikki nollasta poikkeavat numerot.

- Luvussa 3 200 on kaksi merkitsevää numeroa.
- Nolla on merkitsevä, jos se on numeroiden välissä.
- Nolla on merkitsevä numero desimaaliluvun lopussa (esim. 3,00).

– Nolla ei ole merkitsevä numero desimaaliluvun alussa (esim. 0,003).

– Jos nollat esiintyvät numeroiden lopussa, merkitsevyys riippuu tilanneyhteydestä. Esimerkiksi kierrosluvun 3 500 merkitsevien numeroiden määrä voi olla kaksi, kolme tai neljä sen mukaan, miten tarkkaa määrää halutaan ilmoittaa.

Pyöristyssäännöt koskevat lopputuloksen ilmoittamista:

– Pyöristyksessä viimeinen vastaukseen otettava numero ilmoitetaan sellaisenaan, jos sitä seuraava numero on 1, 2, 3 tai 4 (esim. 4,36485 ≈ 4,36).

– Jos ensimmäinen pois jätetty numero on 5 tai sitä suurempi, viimeistä vastaukseen jäävää numeroa korotetaan yhdellä (esim. 4,367845 ≈ 4,37).

Laskutoimituksen tulos ilmoitetaan seuraavasti:

– Desimaalilukujen yhteen- ja vähennyslaskussa tulos ilmoitetaan yhtä monen desimaalin tarkkuudella kuin on epätarkimmassa luvussa.

– 4,02 + 0,008 – 1,7 + 1,376 ≈ 3,7 (–1,7 on epätarkin).

– Desimaalilukujen kerto- ja jakolaskussa tulos ilmoitetaan yhtä monella merkitsevällä numerolla kuin on epätarkimmassa luvussa.

– $\frac{3\,450 \cdot 0{,}0030}{35{,}2} = 0{,}294034\ldots \approx 0{,}29$ (0,0030 on epätarkin).

Esimerkki 3 a) Luvussa 0,00345 on kolme merkitsevää numeroa.

b) Luvussa 0,003450 on neljä merkitsevää numeroa.

c) Luvun 7,486 tarkkuus voidaan ilmoittaa esimerkiksi

– kolmella merkitsevällä numerolla: 7,49

– kahdella merkitsevällä numerolla: 7,5

– kymmenesosan tarkkuudella: 7,5.

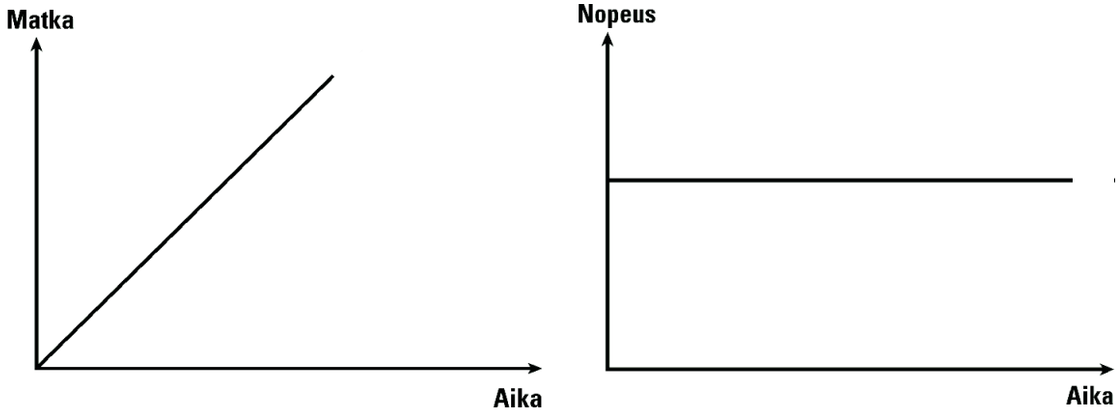
Tasaisen liikkeen nopeus ei muutu

Esimerkissä 1 todettiin, että soiron keskinopeus on likimäärin sama eri aikaväleillä. Höylän syöttölaite vetää soiroa tasaisesti eteenpäin.

Kappaleen liike on tasaista, jos liikkuvan kappaleen keskinopeus on sama, laskettiinpa se millä aikavälillä tahansa.

Kappaleiden liikkeet ovat yleensä muuttuvia, ja vain joitakin liikkeitä voidaan pitää lähes tasaisina. Tällaisia ovat esimerkiksi vaakasuoralla alustalla liukuminen ja vieriminen, kun kitka ja vierimisvastus ovat hyvin pieniä. Samoin vaakasuoralla tiellä auton ja polkupyörän liike saattaa olla lähes tasaista.

Tasaisen liikkeen kuvaaja on aika–matka-koordinaatistossa nouseva suora ja aika–nopeus-koordinaatistossa vaakasuora.



Arkikielessä puhutaan myös vauhdista. Tällöin ei oteta huomioon liikkeen suuntaa eikä paikkaa. Auton nopeusmittari osoittaa vauhdin. Vaikka autolla peruutetaan, nopeusmittari osoittaa silti positiivista lukemaa.

Esimerkki 4 Ilmaise nopeus a) 100 km/h yksikkönä m/s, b) nopeus 10 m/s yksikkönä km/h.

Ratkaisu: a) 1 km = 1 000 m 1 h = 60 min = 60 · 60 s = 3 600 s

$$1\text{ m} = \frac{1\text{ km}}{1\,000} \qquad 1\text{ s} = \frac{1\text{ h}}{3\,600}$$

$$100\frac{\text{km}}{\text{h}} = 100 \cdot \frac{1\,000\text{ m}}{3\,600\text{ s}} = 27{,}77\frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 28\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

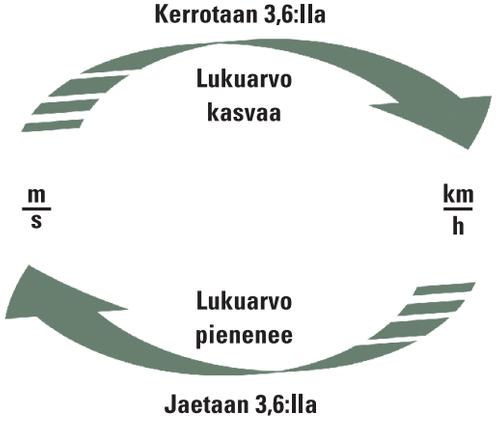
Vastaus: $\mathbf{100\frac{km}{h} = 28\frac{m}{s}}$

Ratkaisu: b) $10\frac{\text{m}}{\text{s}}$ (tehdään yksikkömuunnokset) =

$$10 \cdot \frac{\frac{1\text{ km}}{1\,000}}{\frac{1\text{ h}}{3\,600}} = 10 \cdot \frac{3\,600\text{ km}}{1\,000\text{ h}} = 36\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Vastaus: $\mathbf{10\frac{m}{s} = 36\frac{km}{h}}$

Nopeuksien muuntaminen



Nopeus metriä sekunnissa muunnetaan yksiköksi kilometriä tunnissa kertomalla se luvulla 3,6:

$1\text{ m/s} = 3{,}6\text{ km/h}.$

Nopeus kilometriä tunnissa muunnetaan yksiköksi metriä sekunnissa jakamalla se luvulla 3,6:

$$1\text{ km/h} = \frac{1\text{ m}}{3{,}6\text{ s}}.$$

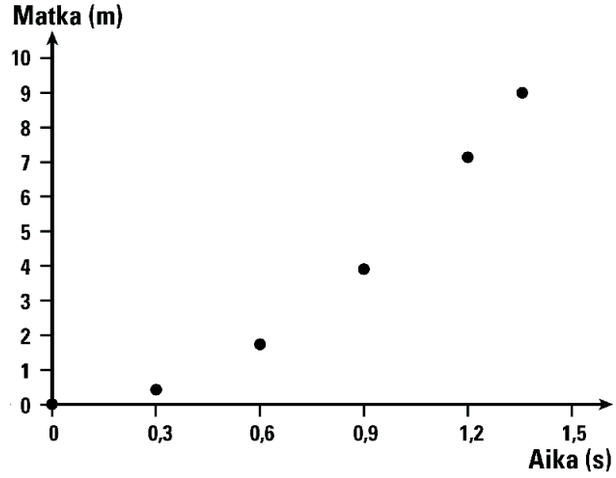
Eräitä keskinopeuksia	$v_k\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$	$v_k\left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)$
Kävelijä	1,4	5
Pikajuoksija	10	36
Ääni ilmassa	340	1 200
Valo tyhjiössä	$3 \cdot 10^8$	$1{,}08 \cdot 10^9$
Maan rataliike	$3 \cdot 10^4$	108 000
Heitetty kivi, gepardi, auto	30	100
F1-autojen virallinen nopeusennätys	110	397
Maailman nopein juna	150	540

Kiihtyvyys kuvaa nopeuden muutosta

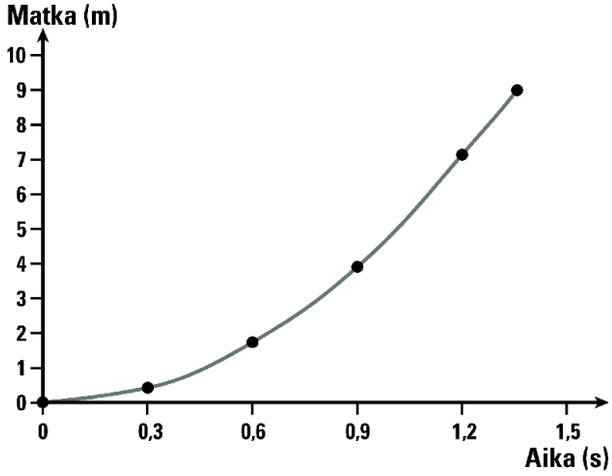
Tiilikivi pudotetaan 9 m korkealta telineeltä. Putoavan kappaleen liikettä kuvataan digitaalikameralla, joka ottaa 35 kuvaa sekunnissa. Kuvankäsittelyohjelmaa tutkimalla saadaan tiilen paikan ja putoamiseen käytetyn ajan mittaustulokset taulukkoon. Taulukon arvot merkitään koordinaatistoon, jossa vaaka-akselina on aika ja pystyakselina matka.

Tiilikiven putoaminen

Aika (s)	Matka (m)
0,00	0,00
0,30	0,43
0,60	1,74
0,90	3,91
1,20	7,14
1,37	9,00



Huomataan, että matkaa esittävät havaintopisteet eivät ole suoralla. Piirretään käyrä, joka kulkee mahdollisimman tarkasti kaikkien havaintopisteiden kautta.



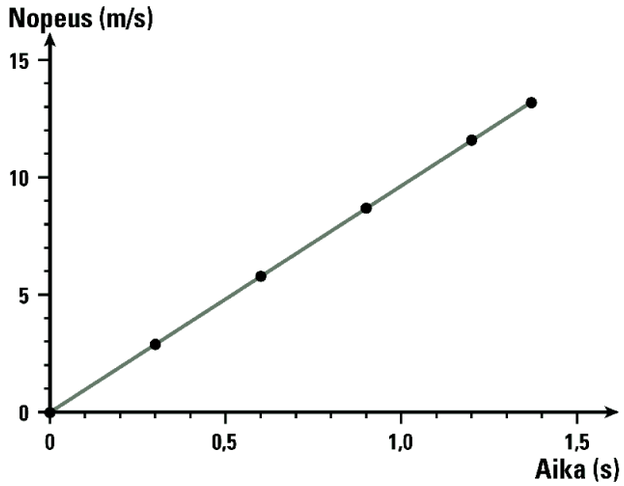
Kiihtyvän liikkeen kuvaaja

Koska matkan kuvaaja ei ole suora, tiilikiven liike ei ole tasaista.

Kun tiilikiven liikettä tutkitaan edellisen sivun taulukosta, havaitaan, että kappale etenee yhtä pitkinä aikaväleinä (0,3 s) aina pidemmän matkan. Huomataan ensin, että 0,3 s:n kuluttua kappale on edennyt 0,43 m:n päähän, seuraavan 0,3 s:n kuluessa matkan (1,74 – 0,43) m = 1,31 m ja seuraavan (3,91 – 1,74) m = 2,17 m. Kiven nopeus on siis kasvanut.

Tiilikiven paikan ja ajan arvoista voidaan laskea sen nopeus. Taulukon arvoilla voidaan piirtää tiilikiven nopeuden kuvaaja. Kuvaaja on nouseva suora.

Aika (s)	Nopeus (m/s)
0	0
0,30	2,90
0,60	5,80
0,90	8,70
1,20	11,60
1,37	13,20



Kiihtyvän liikkeen kuvaaja aika–nopeus-koordinaatistossa

Oleellista tiilikiven putoamisliikettä tutkittaessa on tietää, miten tiilikiven nopeus muuttuu keskimäärin. Tätä kuvaa suure keskikiihtyvyys.

Kiihtyvyys ilmaisee, kuinka paljon nopeus muuttuu aikayksikössä.

Keskikiihtyvyyden yksikkö saadaan, kun jaetaan nopeuden muutoksen yksikkö (m/s) ajan yksiköllä (s). Keskikiihtyvyyden yksikkö on siis m/s^2 (lue: metriä jaettuna sekunti potenssiin kaksi).

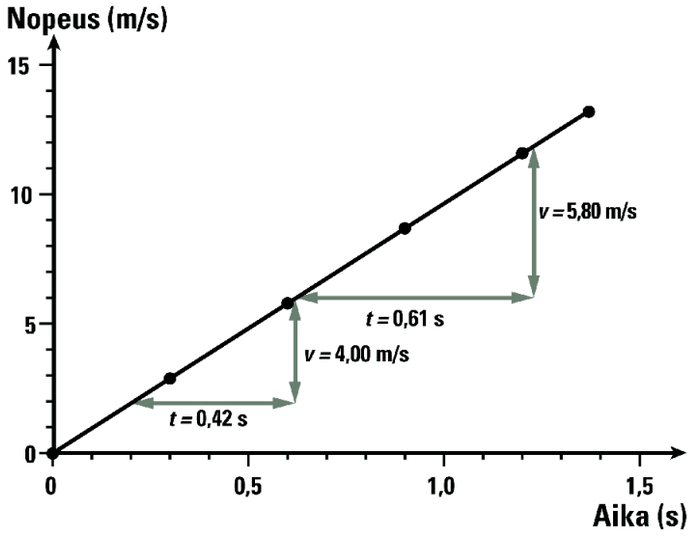
Keskikiihtyvyys

$$a_k = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

jossa v_2 = loppunopeus
v_1 = alkunopeus
t_2 = aika lopussa
t_1 = aika alussa.

Esimerkki 5 Kuinka suuri on tiilikiven keskikiihtyvyys

a) ajassa 0,62–0,205 s, b) ajassa 1,21–0,61 s?



Ratkaisu: a) Kuvan mukaan nopeuden muutos on loppunopeuden ja alkunopeuden erotus eli (6,00 – 2,00) m/s = 4,0 m/s ja muutokseen kulunut aika on loppuajan ja alkuajan erotus eli (0,60 – 0,18) s = 0,4 s:

$$a_k = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{4{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{0{,}42\ \text{s}} \approx 9{,}52\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

b) Kuvan mukaan nopeuden muutos (11,80 – 6,00) m/s = 5,80 m/s ja muutokseen kulunut aika on (1,21 – 0,6) s = 0,61 s:

$$a_k = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{5{,}80\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{0{,}61\ \text{s}} \approx 9{,}51\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Vastaus: Tiilikiven keskikiihtyvyys on a) $\mathbf{9{,}52\,\frac{m}{s^2}}$, b) $\mathbf{9{,}51\,\frac{m}{s^2}}$.

Tehdyssä kokeessa on kyse Maan vetovoiman aiheuttamasta putoamisliikkeestä, joten pitäisi puhua tiilikiven saamasta putoamiskiihtyvyydestä g vapaassa putoamisessa. Putoamiskiihtyvyyttä merkitään kirjaimella g. Laskuissa käytetään arvoa $g = 9{,}81\ \text{m/s}^2$, jos ilmanvastusta ei huomioida. Tämä tarkoittaa sitä, että putoavan kappaleen nopeus muuttuu joka sekunti noin 9,81 m/s.

Jos kappaleen nopeus muuttuu samanpituisina aikaväleinä aina yhtä paljon, kappaleen kiihtyvyys on vakio. Tällöin kappaleen liike on tasaisesti kiihtyvää.

Tasaisesti kiihtyvässä liikkeessä nopeus on kiihtyvyys kertaa aika, jos kappale on alussa ollut paikallaan. Jos kappaleen nopeus sitä vastoin pienenee, keskikiihtyvyys on negatiivinen. Kappaleen liikettä sanotaan tällöin hidastuvaksi liikkeeksi.

Nopeus (tasaisesti kiihtyvä liike)

$v = at$

jossa a = kiihtyvyys
t = aika.

Esimerkki 6 Kappaleen kiihtyvyys on 3 m/s^2. Mikä on kappaleen nopeus kahden sekunnin kuluttua ja kolmen sekunnin kuluttua, kun sen alkunopeus on 0 m/s?

Ratkaisu: Ensimmäisen sekunnin kuluttua kappaleen nopeus on 3 m/s, kahden sekunnin kuluttua $2 \cdot 3$ m/s = 6 m/s, kolmannen sekunnin kuluttua $3 \cdot 3$ m/s = 9 m/s.

Vastaus: Nopeus on **6 m/s** ja **9 m/s.**

Esimerkki 7 Auton kiihtyvyys on 9,0 m/s^2. Mikä on auton nopeus 2,0 s:n kuluttua? Ilmoita tulos yksikkönä km/h.

Ratkaisu: Auto kulkee ajan t = 2,0 s ja kiihtyy kiihtyvyydellä a = 9,0 m/s^2. Ratkaistaan nopeus sijoittamalla annetut arvot lausekkeeseen.

$$v = at = 9\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2\,s = 18\frac{\text{m}}{\text{s}} = 18 \cdot 3{,}6\frac{\text{km}}{\text{h}} = 64{,}8\frac{\text{km}}{\text{h}} \approx 65\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Vastaus: Auton nopeus on **65 km/h.**

Voima voi muuttaa kappaleen liikettä

Paalutuskone iskee paalua maahan. Tavoitteena on saada tukipaalu kovaan kantavaan pohjaan.

Järkäle iskee paaluun, ja paalu painuu syvemmälle.

Paalutustyö työmaalla tehdään siten, että paalutuskone pudottaa noin 2 000 kg painavan järkäleen paalun päähän noin 20 cm:n korkeudelta. Järkäleen nopeus muuttuu putoamisliikkeessä. Kun järkäle putoaa, sen nopeus kasvaa Maan vetovoiman vaikutuksesta. Kun järkäle sitten törmää paalun päähän, siihen syntyy tukivoima. Tämä tukivoima hidastaa järkäleen liikettä, kunnes se pysähtyy. Järkäleen antama isku aiheuttaa paalun painumisen maahan. Jos paalu ei ole vuorovaikutuksessa minkään muun kappaleen kanssa, se ei painu.

Kiihtyvyyden ja voiman välillä vallitsee yhteys, joka tunnetaan dynamiikan peruslakina (Newtonin II laki). Se kuvaa voiman vaikutusta.

Mitä suurempi voima kappaleeseen kohdistuu, sitä suurempi on liikesuunnan ja nopeuden muutos eli kappaleen kiihtyvyys.

Kappaleeseen vaikuttavan voiman F sekä kappaleen kiihtyvyyden a ja massan m välillä vallitsee yhteys.

Dynamiikan peruslaki

$F = ma$

jossa m = kappaleen massa,
a = kappaleen kiihtyvyys ja
F = kappaleeseen vaikuttava voima.

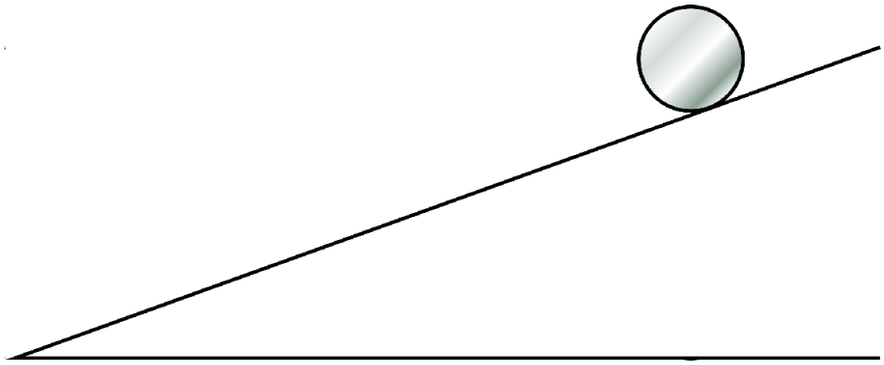
Voiman yksikkö on massan yksikön kilogramma ja kiihtyvyyden yksikön m/s^2 tulo:

$$1\ \text{kg} \cdot 1\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1\ \text{kg}\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1\ \text{N} = 1\ \text{newton}$$

(lue: njuuton).

Esimerkki 8 Sylinterirenkaan kiihtyvyydeksi kaltevalla tasolla saadaan $0{,}20\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Kuinka suuri on kappaleeseen kohdistuva kokonaisvoima, kun kappaleen massa on 561 g?

Ratkaisu:



Kappaleen massa $m = 561\ g = 0{,}561$ kg, ja kappaleen kiihtyvyys $a = 0{,}20\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Kysytty voima ratkaistaan yhtälöstä $F = ma$.

$F = 0{,}561\ \text{kg} \cdot 0{,}20\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0{,}1122\ \text{N}$

Vastaus: Kappaleeseen kohdistuu **0,11 N:n voima.**

Esimerkki 9 Kuinka suuri on kappaleen massa, kun 1 500 N:n voima antaa sille kiihtyvyyden 3,0 m/s^2?

Ratkaisu: Kappaleeseen vaikuttava voima $F = 1\,500$ N, ja kappaleen kiihtyvyys $a = 3{,}0\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Kappaleen massa m ratkaistaan yhtälöstä.

$F = ma \quad | : a$ (yhtälön molemmat puolet jaetaan a:lla)

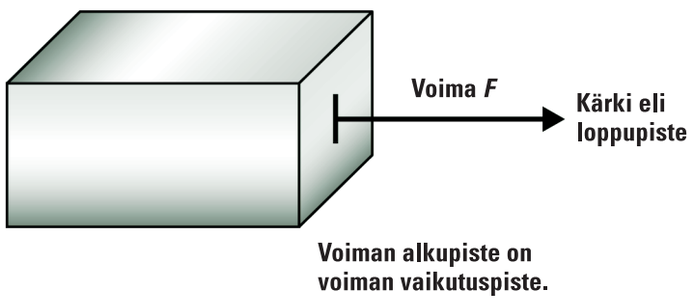
$$\frac{F}{a} = \frac{ma}{a} \quad \Rightarrow \quad m = \frac{F}{a}$$

$$m = \frac{1\,500\ \text{N}}{3{,}0\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{1\,500\ \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2}}{3{,}0\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 500\ \text{kg}$$

Vastaus: Kappaleen massa on **500 kg.**

Voimaa kuvataan vektorilla

Voimalla on aina suunta ja suuruus, joita kuvataan vektorilla eli voimanuolella. Mitä suurempi kappaleeseen vaikuttava voima on, sitä pidempi on myös vektori, joka alkaa ajatellun voiman vaikutuspisteestä.



Voiman esittäminen piirtämällä: Voiman piirtämisessä on aina sovittava mittakaava, esimerkiksi
1 cm ≙ 10 N tai
1 cm ≙ 100 N.

Kappaleen paino aiheutuu Maan vetovoimasta

Putoaviin kappaleisiin vaikuttaa Maan vetovoima, kappaleen paino. Kappaleen paino G saadaan kertomalla sen massa m putoamisliikkeen kiihtyvyydellä g.

Paino mg on se voima, jolla Maa vetää kappaletta puoleensa. Paino on suoraan verrannollinen kappaleen massaan.

Paino eli painovoima

$G = mg$

jossa m = kappaleen massa
g = Maan vetovoiman aiheuttama vapaasti putoavan kappaleen kiihtyvyys on $9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Esimerkki 10 Kuinka suuri painovoima vaikuttaa kiveen, jonka massa on 10 kg?

Ratkaisu: Kiven massa $m = 10$ kg, Maan vetovoiman aiheuttama kiihtyvyys $g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Ratkaistaan painovoima yhtälöstä $G = mg$ ja sijoitetaan arvot.

$G = 10 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 98{,}1 \text{ N} \approx 100 \text{ N}$

Vastaus: Kiveen vaikuttaa **100 N:n painovoima.**

Voima ja vastavoima ovat yhtä suuret, mutta ne vaikuttavat eri kappaleisiin

Voiman ja vastavoiman laki: Jos kappale A vaikuttaa B:hen voimalla F, vuorovaikutuksessa kappale B vaikuttaa A:han yhtä suurella mutta vastakkaisella voimalla $-F$.

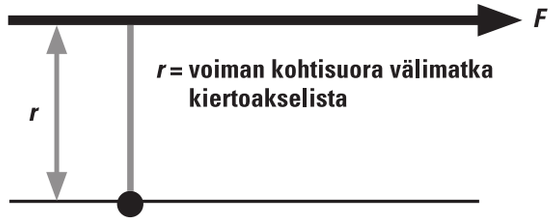
Newtonin III laki
Kahden kappaleen välillä vallitseva vuorovaikutus saa aikaan kappaleisiin yhtä suuret mutta vastakkaissuuntaiset voimat. Nämä voimat ovat toistensa vastavoimia.

Laki ilmaisee, ettei mikään voima voi esiintyä yksin vaan vuorovaikutuksessa sillä on aina vastavoima. Voima ja vastavoima kohdistuvat kuitenkin aina eri kappaleisiin, mutta voimat ovat yhtä suuret, koska ne aiheutuvat samasta vuorovaikutuksesta.

Voiman momentti kuvaa kappaleeseen kohdistuvaa vääntövaikutusta

Voiman vääntövaikutusta sanotaan voiman momentiksi (M). Voiman ja momentin välillä vallitsee yhteys. Momentti määritellään seuraavasti:

Voiman momentti pisteen A suhteen on voima F kertaa voiman kohtisuora välimatka r kiertoakselista.



Voiman momentti

Momentin yksikkö newtonmetri (Nm) saadaan voiman yksikön (newton, N) ja matkan yksikön (metri, m) tulona.

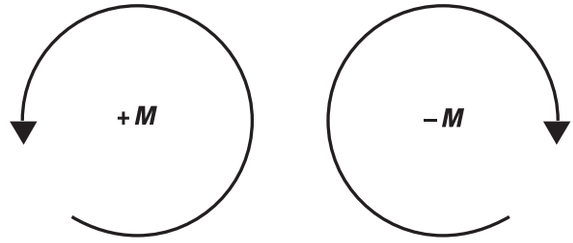
Momentti

$M = fr$

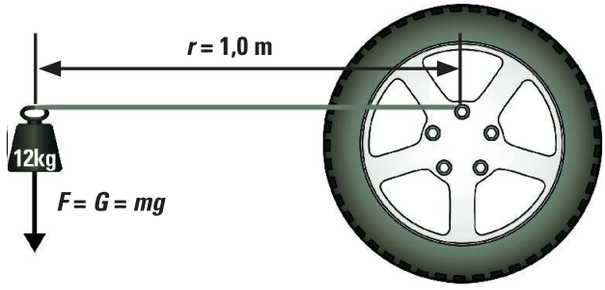
jossa F = voima
r = voiman vaikutussuoran etäisyys kiertoakselista eli voiman varsi.

Momentin yhtälöstä on nähtävissä, että ellei voima riitä auton pyörän pulttien avaamiseen, kasvattamalla vääntövartta saadaan pienemmällä voimalla suurempi momenttivaikutus. Yleensä pultit kuitenkin avataan ja kiristetään momenttiavaimella.

Momentin kiertosuunnasta on sovittu, että vastapäivään kiertävä momentti on plus-merkkinen ja myötäpäivään kiertävä miinus-merkkinen. Momentin kiertovaikutus ilmenee esimerkiksi pultin kiristymisenä tai aukeamisena tiettyyn suuntaan.



Esimerkki 11 Kuinka suuri momenttivaikutus saadaan edellä olleessa auton levypyörän irrotuksessa pyörännapaan, kun voimavarren pituus pyörännavasta, irrotettavasta pultista, on 1,0 m ja painona käytetään kappaletta, jonka massa on 12,0 kg?



Ratkaisu: Ratkaistaan momentti yhtälöstä $M = Fr = Gr = mgr$.

Kun sijoitetaan massa $m = 12{,}0$ kg ja Maan vetovoiman aiheuttama kiihtyvyys $g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ sekä momenttivarsi $r = 1{,}0$ m, saadaan

$$M = mgr = 12{,}0 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1{,}0 \text{ m} = 117{,}72 \text{ Nm} \approx 120 \text{ Nm}.$$

Vastaus: Saadaan **120 Nm:n momenttivaikutus**, joka vastaa auton levypyörän yleistä pultin kiristysmomenttia (90–120 Nm).

Tasapainossa voimat ja momentit häviävät

Kappale on levossa eli tasapainossa, kun se ei liiku. Kappale ei liiku, jos seuraavat tasapainoehdot täyttyvät:

1. Kappaleeseen vaikuttava kokonaisvoima on nolla.

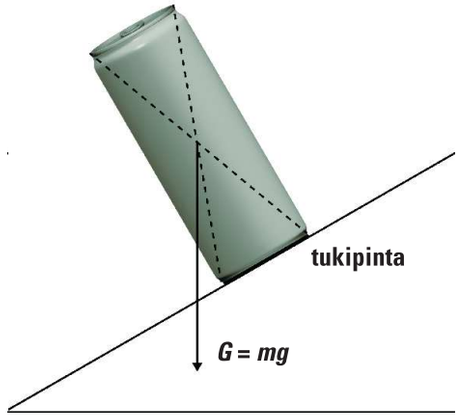
2. Kappaleeseen vaikuttavien momenttien summa on nolla minkä tahansa kiertoakselin suhteen.

Kappaleen painopiste

Kappaleen painopisteeksi sanotaan pistettä, josta tuettuna kappale pysyy levossa missä asennossa tahansa.

Milloin kappale kaatuu?

Kappale kaatuu, jos painopisteestä piirretty luotiviiva ylittää tukipinnan. Samalla kappaleeseen tulee vääntöä, jolloin eri suuntiin vaikuttavat momentit eivät kumoa toisiaan eli niiden summa ei ole nolla.



Tukivoimat ovat kosketusvoimia

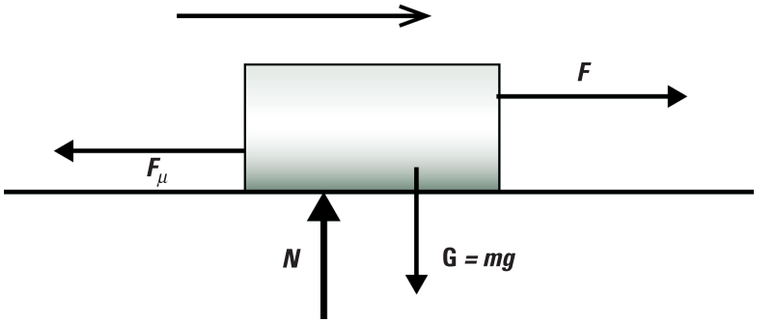
Tukivoimat esiintyvät vain kappaleiden kosketusvuorovaikutuksessa. Silloin kun lattian, pöydän tai jään pinta kannattelee jotakin, se kehittää tukivoiman. Lattia ei siis päästä esineitä putoamaan lävitseen. Tukivoima on aina kohtisuorassa pintaa vastaan, minkä vuoksi tukivoimasta käytetään myös tunnusta N (normal). Jos pintaan ei kohdistu voimaa, pintaan ei myöskään muodostu tukivoimaa.

Kun seisot lattialla, painosi lisäksi sinuun vaikuttaa myös lattian tukivoima. Tukivoima on yhtä suuri ja vastakkaissuuntainen kuin painosi, joten pysyt paikallasi. Nestemäisen veden tukivoima ei siis riitä pitämään pinnalla, mutta kun vesi jäätyy, tukivoima kasvaa ja kiteinen jää pysty kannattelemaan ihmistä.

Kitkavoima vastustaa liikettä

Liikkuvaan kappaleeseen kohdistuu usein liikettä hidastavia voimia. Myös toisiaan koskettavien pintojen välissä esiintyy liikettä vastustava voima. Tätä hankaavien pintojen välissä esiintyvää liikettä vastustavaa voimaa nimitetään kitkavoimaksi.

Koskettavien pintojen ominaisuuksista johtuvaa tekijää kuvataan kitkakertoimeksi. Vaakasuoralla alustalla vaikuttava ja kokemusperäisesti määritelty kitkavoima F_μ on kitkakertoimen μ (lue: myy) ja painon tulo (mg).



Kitkavoima

$F_\mu = \mu N = \mu mg$

vaakasuoralla pinnalla,

jossa μ = kitkakerroin

N = tukivoima

m = kappaleen massa

g = putoamiskiihtyvyys.

Tehokas kone vaatii energiaa

Kaikilla on jonkinlainen käsitys työstä. Työ on moniulotteinen käsite, jolla tavallisimmin tarkoitetaan ihmisen toimintaa, jonka tarkoituksena on tehtävän suorittaminen ja elannon hankkiminen. Puhekielen työ ja fysiikan työ voivat tarkoittaa eri asioita.

Työn tekemisessä tarvitaan aina voimaa. Kun talvella pihalle satanut lumi siirretään lumikolalla syrjään, on tehty lumitöitä. Kun taas kissa nostetaan lattialta syliin, tehdään nostotyötä, mutta kun kävellään ja kannetaan kissaa sylissä koko ajan samalla korkeudella, kyse ei fysiikan näkökulmasta ole työstä. Ero on siinä, että kissaa nostettaessa tehdään nostotyötä, jolloin käden nostovoima tekee työn. Kissaa kannettaessa liikkeen suuntaista voimaa ei sen sijaan ole. Myöskään esimerkiksi lukeminen ei ole työtä fysiikan näkökulmasta, koska vain voima voi tehdä työtä. Fysiikan työhön sisältyvät aina sekä voima että liike.

Fysiikan työ on voiman ja voiman suuntaan kuljetun matkan tulo

Kun varastossa siirretään pumppukärryillä laatikkokuormaa vakiovoimalla 10 metriä, kyse on varastotyöntekijän ja vakiovoiman tekemästä työstä. Kun työntekijä nostaa tavarat hyllyyn, kyse on nostotyöstä.

Fysiikassa työtä tehdään vain silloin, kun jokin voima vaikuttaa kappaleeseen tietyn matkan.

Työ

$W = Fs$

jossa F = voima

s = voiman vaikutusmatka.

Työ lasketaan kertomalla voima matkalla. Työn yksiköksi saadaan voiman ja matkan yksikköjen tulona 1 Nm = 1 J (joule).

Työtä tehdään vain silloin, kun kappale liikkuu sitä liikuttavan voiman suuntaan.

Työn ja momentin yksikköinä on Nm, mutta ne ovat kuitenkin eri suureiden yksiköitä. Vain työllä ja energialla on erityisyksikkö J.

Esimerkki 12 Kappaleen massa on 100 kg, ja se nostetaan vakionopeudella 10 metrin korkeuteen. Kuinka suuri tehty nostotyö on?

Ratkaisu: Ratkaistaan nostotyö yhtälöstä $W = Fs$.

$F = mg$, *joka* sijoitetaan voiman F tilalle, joten

$W = mgs$.

Kun sijoitetaan yhtälöön arvot kappaleen massa $m = 100$ kg,

$s = 10$ m ja kiihtyvyys $g = 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, saadaan

$W = 100 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} = 9\,810 \text{ Nm} = 9\,810 \text{ J} \approx 10 \text{ kJ}$.

Vastaus: Tehty työ on **10 kJ.**

Teho riippuu työnteon nopeudesta

Tehtiin nostotyöhön liittyvä koe, jossa kaksi opiskelijaa juoksee yhden porrassyöksyn ylös. Porrassyöksy käsitti 12 porrasta ja portaan nousukorkeus oli 14,5 cm. Jos kahdella henkilöllä on yhtä suuri tehty työ ja toinen suoriutuu siitä nopeammin, sanotaan, että hän on tehokkaampi kuin hitaammin työnsä tehnyt. Molempien henkilöiden massat olivat 65,5 kg. Kokeesta saatiin seuraavat tulokset:

Tehty nostotyö

Oppilas	Massa (kg)	Nousukorkeus h (m)	Tehty työ = nostotyö (J) $W = Gh$ $G = 65{,}5 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 655 \text{ N}$	Nousuun käytetty aika (s)
Kalle	65,5	1,74	655 N · 1,74 m = 1 139,7 Nm = **1 140 J**	2
Ville	65,5	1,74	655 N · 1,74 m = 1 139,7 Nm = **1 140 J**	1,5

Tulokseksi saatiin yhtä suuret tehdyt työt: **1 140 J**.

Teho

$$P = \frac{W}{t}$$

jossa W = tehty työ

t = työhön käytetty aika.

Teho ilmoittaa, kuinka nopeasti työ tehdään.

Teho lasketaan jakamalla tehty työ työhön kuluneella ajalla. Tehon yksiköksi saadaan siten työn ja ajan yksiköistä:

$$\frac{1\ \text{J}}{1\ \text{s}} = 1\ \text{W}\ \text{(watti)}.$$

Edellä olevasta saadaan myös yhteys

J = Ws.

Opiskelijoiden tehoksi saadaan:

Kalle $\frac{1\ 140\ \text{J}}{2\ \text{s}} = 570\ \text{W}$

Ville $\frac{1\ 140\ \text{J}}{1{,}5\ \text{s}} = 760\ \text{W}.$

Ville oli siis tehokkaampi kuin Kalle.

Hyötysuhde kuvaa laitteen tehokkuutta, ja se on aina pienempi kuin yksi

Hyötysuhde

$$\eta = \frac{P_{anto}}{P_{otto}}$$

jossa P_{anto} = laitteen antama teho

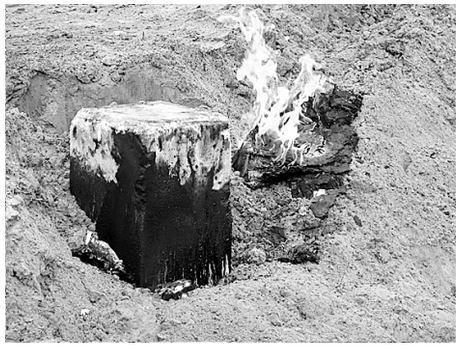
P_{otto} = laitteen käyttämä teho.

Laitteen hyötysuhde η (lue: eetta) määritellään laitteen antaman tehon ja sen käyttämän tehon suhteena.

Energia säilyy

Kun paalutuskoneen juntta päästetään putoamaan, potentiaalienergia muuntuu liike-energiaksi. Juntan iskeytyminen paalun päähän aiheuttaa paalun painumisen maahan. Kun putoava juntta kohtaa paalun päässä

olevan paalutyynyn, kosketusvuorovaikutus aiheuttaa muodonmuutosta paalutyynyssä. Lopulta koko paalutyyny painuu kasaan, syttyy tuleen ja liike-energiaa muuttuu lämpöenergiaksi alla olevien kuvien mukaisesti.



Putoava juntta kohtaa paalun pään. Paalutyynystä poistuu kosteutta, ja lämpötila nousee. Paalutuksessa käytettävä paalutyyny on syttynyt tuleen.

Tämä lämmöksi muuttuminen havaitaan myös, kun puusta vedetään naula: naula on lämmin. Lämpöenergia on peräisin ihmisen lihasenergiasta.

Energian säilymislaki
Energia ei voi hävitä eikä sitä voi luoda tyhjästä, mutta se voi muuttua eri muotoihin.

Pystyäkseen toimimaan ihmiset, eläimet ja koneet tarvitsevat energiaa. Ihmiset ja eläimet saavat energian syömästään ruoasta ja koneet käyttöaineestaan.

Energia E on tärkeimpiä fysiikan peruskäsitteitä. Energiaa on oltava jossain muodossa saatavilla, jos jotakin työtä halutaan tehdä. Työn tekeminen, esimerkiksi kirjan nostaminen pöydälle, vaatii energiaa. Kaikki luonnossa tapahtuvat ilmiöt perustuvat energiaan ja sen muutoksiin.

Tiivistelmä

- Kappaleen liike on tasaista, jos sen nopeus ei muutu.
- Kappaleen liike on kiihtyvää, kun sen nopeus kasvaa.
- Putoavan kappaleen nopeus kasvaa tasaisesti.
- Voima saa aikaan kappaleen liikkeen muutoksen.
- Maa vetää kappaletta puoleensa voimalla, jota kutsutaan painovoimaksi.
- Voima ja vastavoima ovat yhtä suuria ja vaikuttavat eri kappaleisiin.
- Voiman vääntövaikutusta sanotaan voiman momentiksi ja sen vaikutus nähdään esimerkiksi ruuveja kierrettäessä.
- Kappale on tasapainossa, jos siihen kohdistuvat voimat ja momentit häviävät.
- Tukivoima on kohtisuorassa pintaa vastaan.
- Kitkasta on sekä haittaa että hyötyä: kitka hidastaa liikettä.
- Kitkakerroin kuvaa hankaavien pintojen ominaisuutta.
- Kitkan suuruus riippuu hankaavien pintojen ominaisuuksista ja kappaleen sisäisen massan suuruudesta.
- Työ on voiman ja voiman vaikutusmatkan tulo.
- Nostotyö on yhtä suuri kuin nostetun kappaleen potentiaalienenergian muutos.
- Teho kuvaa työntekovauhtia.
- Hyötysuhteella voidaan ilmoittaa hyödyksi saadun energian suhde laitteen ottamaan energiaan.
- Energia voi muuttua toisen lajiseksi, mutta energian kokonaismäärä pysyy samana.
- Liike-energian suuruuteen vaikuttaa voimakkaimmin kappaleen nopeus.

Turvallista työskentelyä rakennusalalla

Maassamme kuolee rakennustyömaiden onnettomuuksissa keskimäärin 15 ihmistä vuosittain. Näistä tapauksista kaksi kolmasosaa eli 10 tapausta johtuu putoamisesta. Onnettomuuksien estämiseksi rakennusalan turvallisuuskulttuuri vaatii oleellista asennemuutosta, jotta työtapaturmat saadaan työmailla vähenemään. Luonnonlakeja ei voida muuttaa, mutta ne on tunnettava, hyväksyttävä ja otettava huomioon työtehtäviä suoritettaessa.

Turvallinen työskentely edellyttää vaarojen tunnistamista etukäteen, riskeihin varautumista ja turvallisten toimintatapojen suunnittelemista. Työturvallisuuden parantamiseksi on otettu käyttöön tulityö- ja työturvallisuuskortit. Niiden tarkoituksena on tiedon avulla edistää turvallista työskentelyä.

Turvallisuuskorttien haltijalla on riittävät tiedot työturvallisuudesta, ja hänellä on oikeus tehdä tulitöitä.

Oikeat työskentelyasennot pitävät työkykyisenä

Oikeat työskentelyasennot ovat erittäin tärkeitä hyvän työkyvyn säilymiseksi. Useat sairauspoissaolot olisivat vältettävissä, jos muistettaisiin oikeat työskentelyasennot eli ergonomia.

Oikeat, ergonomiset työasennot

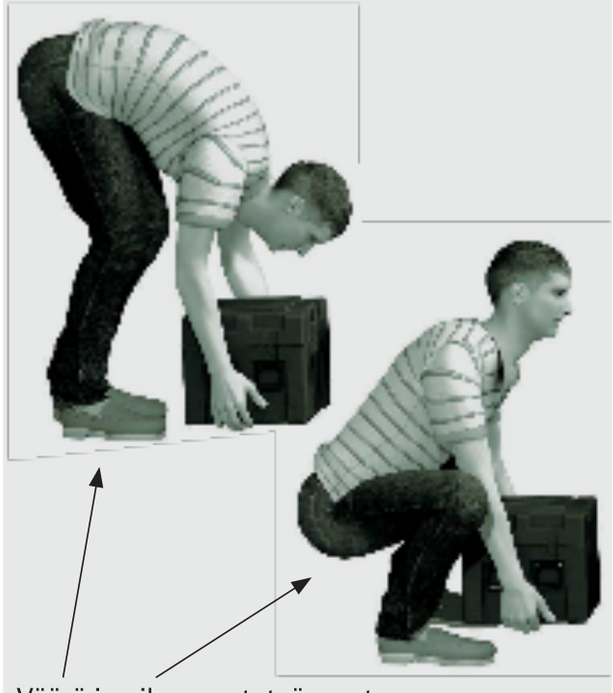
Istumatyö

– Tuolin selkänojan on tuettava ristiselkää.
– Tietokoneen näyttö on sijoitettava eteen sopivalle etäisyydelle hieman katseen vaakatason alapuolelle.
– Jalkojen tulee olla tukevasti maassa tai erityisellä jalkatuella.
– Kyynärvarret tuetaan tuolin käsinojiin tai pöytään, jotta hartiat pysyvät rentoina.
– Välillä on muistettava lepuuttaa silmiä, venytellä ja vaihdella työtehtäviä, jottei työskentelyasento ole jatkuvasti sama.

Oikea istumatyöasento

Nostaminen

– Nostamiseen on oltava riittävästi tilaa.
– Nostotyöhön pitää saada opastusta ja tarvittavat apuvälineet.
– Nostamiseen käytetään jalkoja ja pakaralihaksia.
– Kyykistyessä jalkaterien ja polvien tulee olla riittävän etäällä toisistaan.
– Nostettava taakka on pidettävä mahdollisimman lähellä vartaloa.
– Nosto tehdään tasaisesti pitäen tukevasti kiinni taakasta.
– Ääriasentoja, kiertoja ja taivutuksia on suorituksen aikana vältettävä.



Väärä ja oikea nostotyöasento

1.1 Täydennä taulukko

suure	yksikkö
nopeus	
matka	
aika	
kiihtyvyys	

1.2 Yhdistä suure ja tunnus viivoilla.

suure	tunnus
nopeus	m/s^2
matka	t
aika	s
kiihtyvyys	v

1.3 Ovatko seuraavat väitteet tosia vai epätosia?

	Tosi	Epätosi
a) Nopeuden yksikkö on s/m.		
b) Matkan yksikkö on m.		
c) Ajan yksikkö on v.		
d) Keskinopeus on kuljettu matka jaettuna matkaan käytetyllä ajalla.		
e) Nopeus 20 m/s on yhtä suuri kuin 72 km/h.		

1.4 Kerro, missä ammateissa ei mielestäsi tarvita fysiikan tietoja. Perustele kantasi.

1.5 Nimeä, mikä on suure (mitattu asia), kun yksikkönä on

a) metri _____

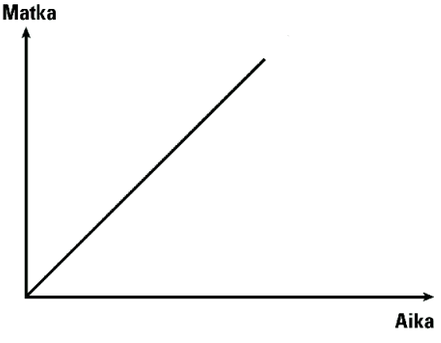
b) sekunti _____.

1.6 Selitä, millaista liikettä kuvataan seuraavassa

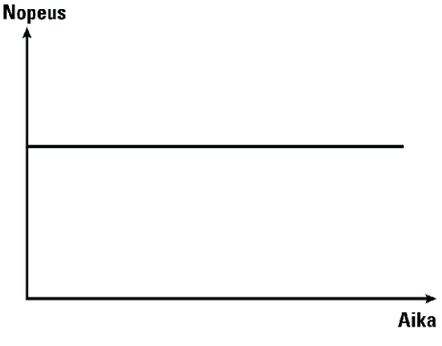
a) aika–matka-koordinaatistossa

b) aika–nopeus-koordinaatistossa.

a)



b)



1.7 a) Mitä tarkoitetaan kiihtyvyydellä?

b) Mikä on kiihtyvyyden tunnus?

c) Mikä on kiihtyvyyden yksikkö?

1.8 Mitä on

a) työ

b) teho

c) energia?

1.9 Santeri tekee "dippejä" eli nostaa oman painonsa suorille käsille 30 cm:n korkeuteen 20 kertaa. Kuinka suuren työn hän tekee? Santerin massa on 65 kg.

1.10 Laske, kuinka suuri työ tehdään, kun lautakasa, jonka massa on 250 kg, nostetaan 6,0 metrin korkeudelle.

1.11 Mainitse esimerkkejä tilanteista, joissa

a) potentiaalienergia muuttuu liike-energiaksi

b) liike-energia muuttuu potentiaalienergiaksi.

1.12 Välitunnin aikana seurattiin viereisellä kadulla kulkevien autojen liikkeitä. Erään auton seurannan pohjalta laadittiin seuraava taulukko.

Aika (*s*)	Matka (*m*)
0	0
1	12
2	23
3	34
4	46
5	62
6	73

a) Piirrä aika–matka-koordinaatisto, jossa vaaka-akselina on aika ja pystyakselina matka. Merkitse havaintopisteet koordinaatistoon. Piirrä pisteiden kautta sitten suora, joka kulkee mahdollisimman läheltä pistejoukkoa.

b) Mikä on kadulla kulkeneen auton keskinopeus 6 sekunnin aikana?

c) Mikä on auton nopeus kilometreinä tunnissa?

1.13 Muunna 60 km/h yksiköksi m/s.

1.14 Oven karmin tekoon käytettävää puuta höylätään 3 600 m neljässä tunnissa. Mikä on höylän keskimääräinen syöttönopeus?

1.15 Kissa, jonka massa on 4,0 kg, kiipeää puuhun 5,0 metrin korkeuteen 5,0 sekunnissa. Mikä on kissan teho?

1.16 Työmaalla nosturi nostaa elementin, jonka massa on 6 000 kg, 9,0 metrin korkeuteen 1,0 min:ssa. Laske nosturin teho.

1.17 Mainitse tilanteita, jossa kappaleella on

a) liike-energiaa

b) potentiaalienergiaa

c) sekä liike- että potentiaalienergiaa.

1.18 Hevosvoima on vanha tehon yksikkö, jonka suuruudeksi määriteltiin yhden hevosen keskimääräinen teho työpäivän aikana. 1 hevosvoima = 736 wattia. Kuinka monta hevosta traktori korvaa, jos traktorin moottorin teho on 65 kW?

1.19 Hitsauskoneen langan syötöksi on säädetty 5,5 m/min. Kuinka paljon lankaa kuluu yhden minuutin ja 25 sekunnin hitsauksessa?

1.20 Puusepän työpajassa oikohöylätään 4 lautaa rinnakkain tasohöylällä, jonka syöttönopeus on 20 m/min. Kuinka monta metriä lautaa oikohöylätään

a) yhdeltä puolelta työpäivän aikana, jos työpäivän tehollisiksi ajaksi lasketaan 5 tuntia päivässä

b) kaikilta neljältä puolelta puhdashöylättyä lautaa, jos työpäivän tehollisiksi ajaksi lasketaan 5 tuntia päivässä ja höylässä on aina 4 lautaa rinnakkain?

1.21 Uimahyppääjä ponnisti kymmenen metrin korkeudesta veteen. Pudotus kesti 1,4 sekuntia, ja hyppääjä saapui veden pintaan nopeudella 13 m/s. Mikä oli hyppääjän keskikiihtyvyys?

1.22 Autoesitteen mukaan auto voi saavuttaa 12 sekunnissa levosta lähtien nopeuden 90 km/h.

a) Kuinka suuri on autoa kiihdyttävä voima, kun auton massa kuljettajineen on 1 200 kg?

b) Kuinka suuri voima kohdistuu 80 kilogramman massaiseen kuljettajaan kiihdytyksessä?

1.23 Poro vetää Joulupukin rekeä tietyllä voimalla, jolloin Newtonin III peruslain mukaan Joulupukin reki vetää poroa yhtä suurella mutta vastakkaissuuntaisella voimalla. Nämä kaksi voimaa kumoavat toisensa, eikä poro siis pysty vetämään Joulupukin rekeä liikkeelle. Mikä vika tässä päättelyssä on?

1.24 Kun naulaa vivutaan ylös, vasara kallistuu ja samalla tukipiste siirtyy, jolloin irrottava voima pienenee. Naulaan vaikuttava irrotusvoima lasketaan tasapainoehdon avulla.

Tilanteessa vaikuttaa voiman ja vastavoiman laki siten, että vasara on vuorovaikutuksessa käden ja naulan kanssa. Vasara aiheuttaa voimavaikutukset: voimanuoli käteen ja naulaan.

Piirrä vihkoosi tilannekuva ilman vastavoimia siten, että kuvassa näkyvät voimat ja voimavarat.

Lausu momentit vasaran kannan (A) suhteen (vasaran kanta on kiinni alustassa) tasapainotilanteessa. Tukipiste on se piste, jonka ympäri vasara kiertyy.

1.25 Missä ajassa 4,5 kW:n tehoinen nosturi pystyy nostamaan 1,2 tonnin taakan 6,0 m:n korkeudelle? Nosturin hyötysuhteeksi arvioidaan 80 %.

1.26 Moottorivene saavutti 27 solmun (km) nopeuden 37 hv:n teholla. Laske, mihin nopeuteen veneen pitäisi yltää 22 hv:n teholla. Kulkuvastus kasvaa suoraviivaisesti nopeuden kasvaessa, siten että tehot suhtautuvat kuten nopeuden toiset potenssit.

1.27 Kemijoen keskivirtaama on 550 m^3 vettä sekunnissa. Kuinka korkeaksi on suunniteltava pato vesivoimalaitoksessa, jonka tehoksi on suunniteltu 110 MW ja hyötysuhteeksi 80 %?

- Minkälaiset vaatteet ovat talvella lämpimimmät?
- Kun talvella avataan huoneen ikkuna, virtaako huoneeseen kylmää ilmaa?
- Miten kosteusongelmat syntyvät seinärakenteisiin?

2 Ei lämpöä harakoille

Lämpötila on arkielämässä tärkeä suure.

Aamuisin katsotaan lämpömittarista ulkolämpötila ja pukeudutaan sen mukaisesti.

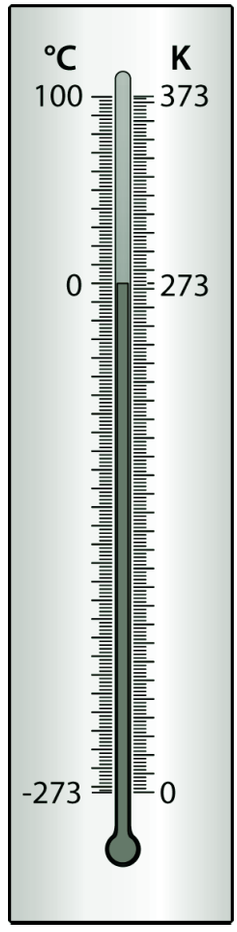
Asunnoissa pitää olla lämmitysjärjestelmä, ja kosteus on ohjattava pois sisätiloista. Riittävä lämmöneristys estää lämmön karkaamisen ulkoilmaan.

Myös monet tekniset sovellukset perustuvat lämpöoppiin. Rakennustekniikassa pitää ottaa huomioon rakenteiden toiminta erilaisissa lämpötiloissa. Konetekniikassa suunnittelijan on pohdittava, miten liiallinen lämpö poistetaan laitteista tuulettamalla tai jollakin muulla lämmönsiirtotavalla.

Lämpötila mitataan muutoksesta

Lämpötila on tuttu arkipäiväinen suure: Sopivaa pukeutumista varten on hyvä tietää ulkoilman lämpötila. Lämpöteknisellä suunnittelulla taas on rakennusten suunnittelussa merkittävä osuus. Vastaavasti tietokoneenkin lämpötilaa pitää säätää, jotta se toimisi asianmukaisesti.

Lämpötilaa ei voida mitata samalla tavalla suoraan kuin esimerkiksi pituutta. Pituusmittauksessa kohteen pituutta verrataan mittaan. Lämpötilan mittaus perustuu aina mitattavan kohteen jonkin fysikaalisen ominaisuuden muutokseen. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi tilavuus, sähkönjohtavuus ja säteily.



Tutun celsiusasteikon lämpötila-asteikko ja mittaus perustuvat veden olomuodon muutoksiin. Celsiusasteikon peruspisteet ovat jään sulamispiste 0 °C ja veden kiehumispiste 100 °C. Celsiusasteikon lämpötilan tunnuksena käytetään yleisesti kirjainta *t*.

Tekniikassa ja luonnontieteissä käytetään usein kansainvälistä absoluuttista lämpötila-asteikkoa eli kelvinasteikkoa. Jos lämpötila on ilmoitettu absoluuttista asteikkoa käyttäen, lämpötilan tunnus on *T* ja yksikkönä kelvin (1 K). Absoluuttisen asteikon nollakohta on absoluuttinen nollapiste, 0 K = –273,15 °C.

Absoluuttisen lämpötilan *T* ja celsiusasteikon lämpötilan *t* lukemat voidaan muuttaa toisiksi muunnoskaavoilla.

Celsiusasteet kelvineiksi

$T = (t + 273{,}15)\,\mathrm{K}$

Kelvinit celsiusasteiksi

$t = (T - 273{,}15)\,^{\circ}\mathrm{C}$

Esimerkki 1 a) Alumiinin sulamispiste on 660 °C. Ilmoita sulamispiste kelvineinä.
b) Lyijyn sulamispiste on 603,15 K. Ilmoita sulamispiste celsiusasteina.

Ratkaisu: a) Celsiusasteikon lämpötila t muutetaan kelvinasteikon lämpötilaksi T yhtälöllä $T = (t + 273{,}15)\ \text{K} = (660 + 273{,}15)\ \text{K} = 933{,}15\ \text{K}$.
b) Kelvinasteikon lämpötila T muutetaan celsiusasteikon lämpötilaksi t yhtälöllä
$t = (T - 273{,}15)\ °\text{C} = (603{,}15 - 273{,}15)\ °\text{C} = 330\ °\text{C}$.

Vastaus: a) Alumiinin sulamispiste on **933 K**.
b) Lyijyn sulamispiste on **330 °C**.

Lämpötilan mittaus perustuu muutoksiin

Lämpötilan mittauksessa sovelletaan erilaisia ilmiöitä, jotka riippuvat lämpötilasta.

Tavalliset nestelämpömittarit perustuvat lämpölaajenemiseen. Lämpömittarin nestepatsaan pituus riippuu lämpötilasta. Jotta mittari näyttäisi mitattavan kohteen lämpötilan, sen täytyy olla riittävän kauan kosketuksissa kohteen kanssa.

Vastuslämpömittareiden ja puolijohdemittareiden mittaus perustuu aineiden sähköisiin ominaisuuksiin, esimerkiksi sähkönjohtavuuteen. Myös näiden mittareiden mittapään pitää olla riittävän pitkään kosketuksissa mittauskohteen kanssa.

Infrapunalämpömittarit ja lämpökamerat ilmoittavat kohteen lämpötilan lämpösäteilyn perusteella. Tällaisten mittareiden ei tarvitse olla suoranaisesti kosketuksissa mitattavan kohteen kanssa.

Lämpötilan muutos aiheuttaa lämpölaajenemisen

Jotta laakeri saadaan asennetuksi akselille, sitä lämmitetään kuumassa öljyssä tai nykyisin usein induktiolämmittimellä. Kun laakeri lämpenee, se laajenee. Laakeri ei laajene ainoastaan ulospäin, vaan myös sen sisäkehä laajenee. Tällöin laakeri voidaan asentaa akselille. Kun laakeri jäähtyy, se kutistuu ja on tiukasti akselissa. Kun lämpötilan muutos on sama sekä pienelle että suurelle laakerille, pieni laakeri laajenee vähemmän kuin suuri laakeri. Jos lämpötila muuttuu enemmän, laakerit myös laajenevat enemmän.

Kappaleen lämpölaajenemista kuvaavat seuraavat yleiset tulokset:

- Lämpölaajeneminen riippuu aineesta. Eri aineet laajenevat eri tavalla.
- Lämpölaajeneminen riippuu kappaleen koosta. Mitä pidempi kappale on, sitä enemmän se laajenee.
- Lämpölaajeneminen riippuu kappaleen lämpötilan muutoksesta. Mitä suurempi lämpötilan muutos on, sitä enemmän kappale laajenee.

Lämpölaajenemista kuvaavat kokeelliset tulokset voidaan tiivistää viereiseen yhtälöön.

Pituuden lämpölaajeneminen

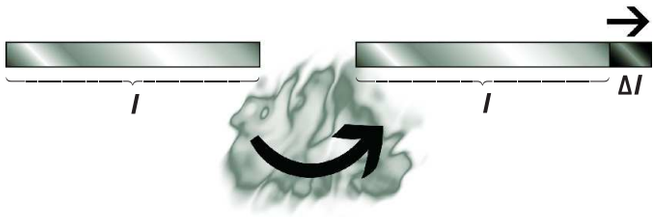
$$\Delta l = \alpha l \Delta t$$

jossa Δl = sauvan pituuden muutos (Δ, lue: delta)

α = aineen pituuden lämpötilakerroin

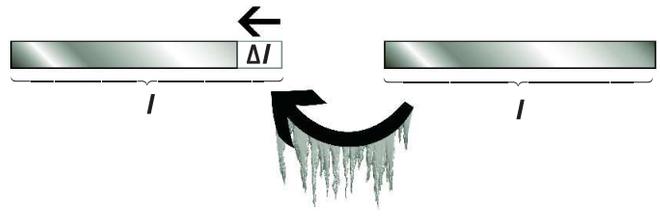
l = tangon alkuperäinen pituus ja

Δt = lämpötilan muutos.



Lämmitys Δ*t*

Kun kappaletta lämmitetään, se laajenee.

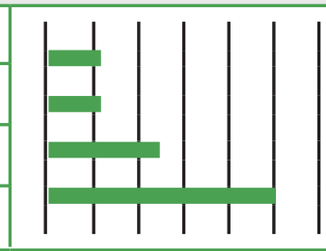


Jäähdytys Δ*t*

Kun kappaletta jäähdytetään, se kutistuu.

Joidenkin aineiden pituuden lämpötilakertoimia

Aine	Pituuden lämpötilakerroin (1/°C)
Teräs	0,000 012
Betoni	0,000 012
Alumiini	0,000 024
Jää	0,000 050



Kun kappaleen mitat muuttuvat lämpötilan muuttuessa, myös pinta-ala ja tilavuus muuttuu. Lämpötilan muutos vaikuttaa myös nesteiden ja kaasujen tilavuuteen.

Arktisilla alueilla kaasu- ja öljyputkissa pitää olla mutkia, jotta putki pääsee elämään lämpötilan muutoksen takia. Silloissa taas täytyy olla liikkuva sauma, koska sillan pituus on erilainen talvella ja kesällä.

Esimerkki 2 Metrin pituista terässauvaa ja alumiinisauvaa lämmitetään yhtä paljon. Kumman pituus muuttuu enemmän?

Ratkaisu: Edellisen sivun taulukon mukaan alumiinin pituuden lämpötila kerroin on suurempi kuin teräksen, joten alumiinisauvan pituus muuttuu enemmän.

Esimerkki 3 Raudoitusterässauvat tuodaan kylmästä varastosta aurinkoiselle rakennustyömaalle. Terässauvan pituus on 5 m, ja sen lämpötila muuttuu 20 °C. Kuinka paljon terässauvan pituus kasvaa?

Ratkaisu: Taulukon mukaan teräksen pituuden lämpötilakerroin on $\alpha = 0{,}000\ 012\ \ 1/°C$. Pituus on $l = 5$ m ja lämpötilan muutos $\Delta t = 20\ °C$. Pituuden laajeneminen on

$$\Delta l = \alpha l\, \Delta t = 0{,}000\ 012\ \ 1/°C \cdot 5\ \text{m} \cdot 20\ °C = 0{,}0012\ \text{m} = 0{,}12\ \text{cm}.$$

Vastaus: Sauvan pituus muuttuu 0,12 cm ≈ **0,1 cm**.

Esimerkki 4 Metrojunan pyörän keskireiän halkaisija on 100 mm. Reikä on 0,2 mm pienempi kuin akselin halkaisija. Kuinka paljon pyörää pitää lämmittää, jotta akseli mahtuu reikään? Pyörän metallin (krominikkeliteräs) lämpötilakerroin on $12 \cdot 10^{-6}\ 1/°C$.

Ratkaisu: Ratkaistaan pituuden laajenemisen yhtälöstä $\Delta l = \alpha l\, \Delta t$ lämpötilan muutos Δt.

$$\Delta l = \alpha l \Delta t \qquad \big| : \alpha l$$

$$\frac{\Delta l}{\alpha l} = \frac{\cancel{\alpha l}\, \Delta t}{\cancel{\alpha l}}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{\alpha l}$$

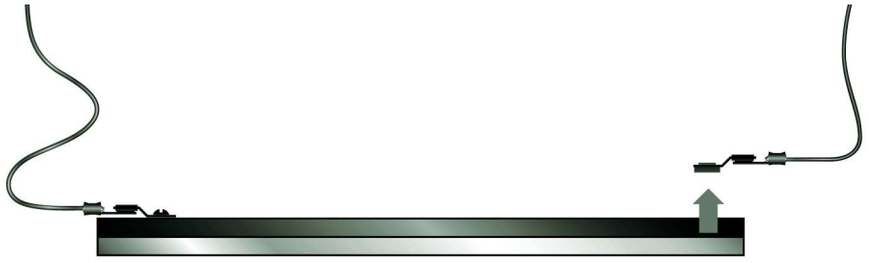
Kun sijoitetaan pituuden muutos $\Delta l = 0{,}2$ mm = 0,0002 m, pituuden lämpötilakerroin $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}\ 1/°C = 0{,}000\ 012\ \ 1/°C$ ja halkaisija $l = 100$ mm = 0,1 m, saadaan

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{\alpha l} = \frac{0{,}0002\ \text{m}}{0{,}000\ 012 \frac{1}{°C} \cdot 0{,}1\ \text{m}} = 166{,}667\ °C \approx 170\ °C$$

Vastaus: Pyörää täytyy lämmittää vähintään **170 °C.**

Kaksoismetalliliuskalla voidaan mitata lämpötila

Kaksoismetalli on kahdesta eri tavalla laajenevasta metallista valmistettu liuska. Kun liuskoja lämmitetään, toinen metalliliuska laajenee enemmän kuin toinen. Enemmän laajeneva vääntää toista, jolloin aluksi suora liuska taipuu. Kun liuska jäähtyy, se taipuu takaisin alkuperäiseen muotoonsa. Tämän ominaisuuden vuoksi liuskaa käytetään lämpömittarina ja lämpötilasta riippuvana kytkimenä.



Sähkökytkentä, jossa on katkaisijana kaksoismetalliliuska. Kun kaksoismetalliliuskan lämpötila muuttuu, se taipuu ja asettelun mukaan sähkövirta joko katkeaa tai kytkeytyy. Miten metalliliuskojen on laajettava, jotta liuska lämpötilan noustessa taipuisi ylöspäin? Kumpi liuskoista laajenee enemmän? Kummalla liuskalla on suurempi pituuden lämpötilakerroin?

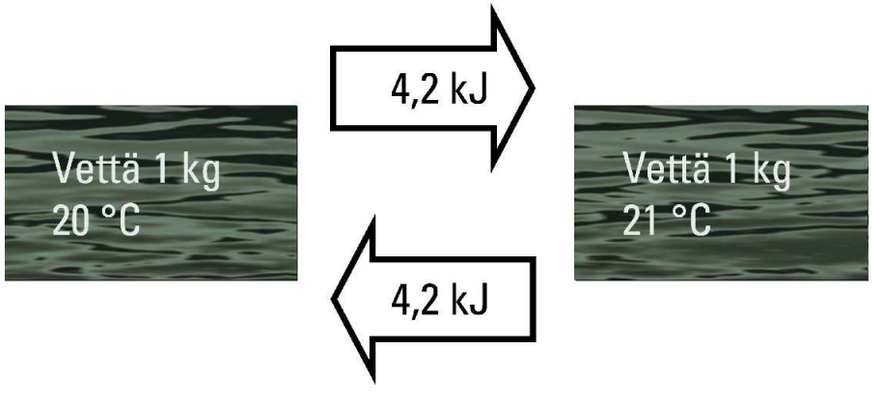
Jäähtyvä kappale luovuttaa lämpöenergiaa

Kesämökin saunassa saadaan sopivaa pesuvettä, kun sekoitetaan kuumaa vettä järvestä tai kaivosta otettuun kylmään veteen. Kuuma vesi luovuttaa energiaa kylmään veteen, jolloin sen lämpötila nousee. Kylmä vesi ei luovuta ”kylmää”, vaan lämpimästä vedestä siirtyy energiaa kylmään veteen. Jos halutaan lämpimämpää vettä, samaan vesimäärään joudutaan sekoittamaan enemmän kuumaa vettä. Jos kylmävesisaavissa on paljon vettä, tarvitaan myös paljon kuumaa vettä (energiaa) lämmittämään kylmä vesi sopivaksi.

Kappaleeseen sitoutuva lämpöenergia (lämpömäärä) riippuu aineesta, massasta ja lämpötilan muutoksesta. Mitä suurempi kappaleen massa (painavampi kappale) on, sitä enemmän tarvitaan energiaa sen lämmittämiseen. Mitä suurempi taas lämpötilan muutos on, sitä enemmän energiaa tarvitaan. Vastaavasti kappale luovuttaa lämpöenergiaa, kun sen lämpötila laskee.

Ominaislämpökapasiteetti kuvaa, kuinka paljon energiaa aineeseen sitoutuu, jos aineen massa on 1 kg ja sen lämpötila nousee 1 °C:n verran. Sama määrä energiaa vapautuu, kun kappale jäähtyy. Eri aineiden ominaislämpökapasiteetteja kuvataan kirjan lopussa olevassa taulukossa. Aineen ominaislämpökapasiteetin *c* yksikkö on $\frac{\text{kJ}}{\text{kg °C}}$.

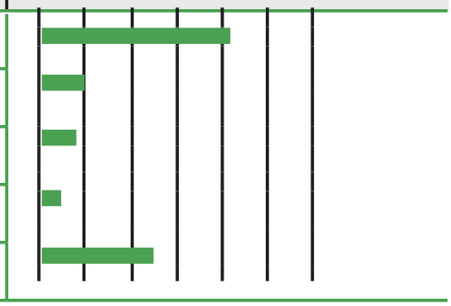
Veden ominaislämpökapasiteetti on 4,2 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg °C}}$. Veteen sitoutuu siis 4,2 kJ, jos 1 kg vettä lämpenee 1 °C:n verran. Jos taas vettä on 2 kg ja se lämpenee 1 °C:n verran, energiaa tarvitaan kaksi kertaa niin paljon eli 8,4 kJ. Vastaavasti jos 1 kg vettä jäähtyy 1 °C:n verran, vesi luovuttaa 4,2 kJ energiaa. Veden ominaislämpökapasiteetti on suuri. Mielikuvan veteen lämmittämisessä sitoutuvan energian suuruudesta saa, kun lämpöenergiaa verrataan mekaaniseen energiaan. Energialla, jolla 1 kg vettä lämpenee 1 °C:n verran, voisi nostaa 1 kg:n vettä 420 m:n korkeuteen.



Kun 1 kg:aan vettä sitoutuu 4,2 kJ energiaa, vesi lämpenee 1 °C:n verran. Kun 1 kg vettä jäähtyy 1 °C:n verran, se luovuttaa 4,2 kJ energiaa.

Joidenkin aineiden ominaislämpökapasiteetteja

Aine	$c\ (\frac{\text{kJ}}{\text{kg °C}})$
Vesi	4,2
Vuolukivi	1,0
Tiili	0,8
Teräs	0,45
Etanoli	2,43



Esimerkki 5 Huoneissa on tiilinen ja vuolukivinen takka. Takkojen massat ovat yhtä suuret. Kumpi luovuttaa enemmän energiaa, kun molemmat jäähtyvät yhtä paljon?

Ratkaisu: Yllä olevan taulukon mukaan vuolukiven ominaislämpökapasiteetti on suurempi kuin tiilen. Siksi vuolukivinen takka luovuttaa enemmän lämpöenergiaa.

Saunan kivipinnat sitovat paljon energiaa

Jos saunassa on paljon kivipintoja, se lämpenee hitaammin. Kivellä on puuhun verrattuna suuri ominaislämpökapasiteetti, minkä vuoksi suuret kivipinnat lämpenevät hitaammin kuin puupinnat ja lämpöenergia sitoutuu paljon niiden lämmittämiseen. Lämpöeristämättömät kivi- ja lasipinnat sekä kaakelipinnat lisäävät saunan lämpenemisaikaa ja lisäävät siksi kiukaan sähkönkulutusta.

Kertalämmitteisessä kiukaassa on tärkeää käyttää kiviä, joilla on suuri ominaislämpökapasiteetti, kun taas sähkösaunassa vastukset lämmittävät kiviä koko ajan.

Lämpöarvo kuvaa energiasisältöä

Asuntoja voidaan lämmittää tulisijoilla, öljylämmityksellä tai vaikkapa pelleteillä. Lämmitykseen tarvittavan polttoaineen määrä riippuu siitä, kuinka paljon polttoaineesta vapautuu energiaa. Polttoaineen lämpöar-

vo kertoo polttoaineesta saatavan lämpöenergian, kun kilogramma polttoainetta poltetaan.

Lämpöarvo

$$H = \frac{Q}{m}$$

jossa H = lämpöarvo
Q = polttoaineen luovuttama lämpöenergia ja
m = polttoaineen massa.

Eräiden polttoaineiden lämpöarvoja

Polttoaine	Lämpöarvo (MJ/kg)
Puu	15
Turve	15
Kivihiili	30
Polttoöljy	40
Bensiini	45
Nestekaasu	45
Maakaasu	50
Asetyleeni	55
Vety	120

Esimerkki 6 Saunan padassa olevan veden lämmittämiseen kului 16,8 MJ energiaa. Kuinka paljon puita tulee polttaa padassa, jos oletetaan, että kaikki vapautuva energia saadaan veden lämmittämiseen?

Ratkaisu: Ratkaistaan lämpöarvon yhtälöstä massa $H = \frac{Q}{m}$ m.

$$H = \frac{Q}{m} \quad | \cdot m$$

$$Hm = Q \quad | : H$$

$$m = \frac{Q}{H}$$

Kun sijoitetaan lämpöenergia $Q = 16{,}8$ MJ ja taulukosta saatava lämpöarvo $H = 15$ MJ/kg, saadaan

$$m = \frac{Q}{H} = \frac{16{,}8\ \text{MJ}}{15\frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} = 1{,}12\ \text{kg} \approx 1{,}1\ \text{kg}$$

Vastaus: Puuta tarvitaan noin **1,1 kg**.

Lämpöenergia siirtyy lämpimästä kylmään

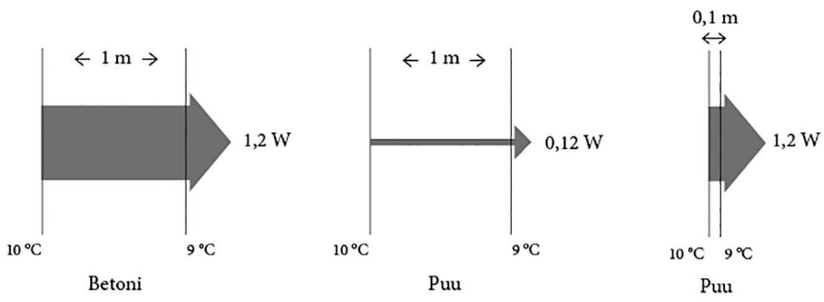
Lämpöenergiaa voi siirtyä kolmella tavalla: aineen läpi johtumalla, liikkuvan aineen mukana kuljetuksessa ja lämpösäteilynä.

Lämmön johtumisessa lämpöenergia siirtyy aineessa

Rakennuksien seinät pyritään tekemään paksuiksi ja lämpöä eristäviksi. Pakkasella taloja joudutaan lämmittämään enemmän kuin lämpimämmällä ilmalla. Lämmitysenergiaa tarvitaan sitä enemmän, mitä suurempi on sisäilman ja ulkoilman lämpötilaero. Lämmitysenergiaa kuluu myös enemmän, jos huoneessa on paljon ikkunoita. Uudetkaan energiaikkunat eivät eristä lämpöä yhtä hyvin kuin paksu seinä. Kokeellisesti on todettu, että lämmön johtuminen ainekerroksen läpi riippuu aineesta, pinta-alasta, ainekerroksen pintojen välisestä lämpötilaerosta ja ainekerroksen paksuudesta.

Joidenkin aineiden lämmönjohtavuuksia

Aine	Lämmönjohtavuus ($\frac{W}{m\,°C}$)
Kupari	370
Betoni	1,2
Puu	0,12
Argon	0,016



Aine vaikuttaa lämmön johtumiseen. Yhtä paksun ja pinta-alaltaan yhtä suuren betonikerroksen läpi siirtyy lämpöä 10 kertaa suuremmalla teholla kuin puukerroksen läpi.

Useimmiten rakennusten seinämät koostuvat monista eri ainekerroksista, jolloin lämpöä siirtyy ainekerroksesta toiseen. Seinämän lämmöneristys riippuu tällöin eri kerrosten lämmönjohtavuudesta

Esimerkki 7 Rakennuksen seinässä on vierekkäin yhtä paksut betoni- ja puuseinämät. Kumman kautta lämpövuoto on suurempi?

Ratkaisu: Betonin lämmönjohtavuus on kymmenen kertaa puun lämmön johtavuus (ks. edellä olevasta taulukosta). Lämpöä vuotaa siten betoniseinämän läpi kymmenen kertaa enemmän kuin puuseinämän.

U-arvo kuvaa lämmöneristyskykyä

Rakennusten lämmöneristyskykyä kuvataan *U*-arvolla. Se kertoo, kuinka suurella teholla energiaa siirtyy rakenteen läpi neliömetrin alalta, jos sisä- ja ulkopintojen lämpötilaero on 1 °C. Mitä pienempi *U*-arvo on, sitä paremmin lämpö säilyy rakennuksessa. Koska ilman lämmönjohtavuus on pieni, rakennuseristeen eristyskyky perustuu ilmaan, joka on suljettu eristerakenteeseen.

Nykyisten rakennusmääräysten mukaan ulkoseinän *U*-arvon on oltava vähintään 0,17 W/Km^2. Jotta tämä saavutettaisiin, seinässä tulisi olla tuulensuojalevyjen, sisävuorauksen ja muiden rakenteiden lisäksi noin 25 cm:n eristepaksuus.

Asuinrakennusten lämmöneristyksen parantaminen on tärkeää sekä asumisen että ilmaston lämpenemisen kannalta.

Pientalossa energian kulutus jakaantuu seuraavan taulukon mukaisesti.

Pientalon energian kulutus

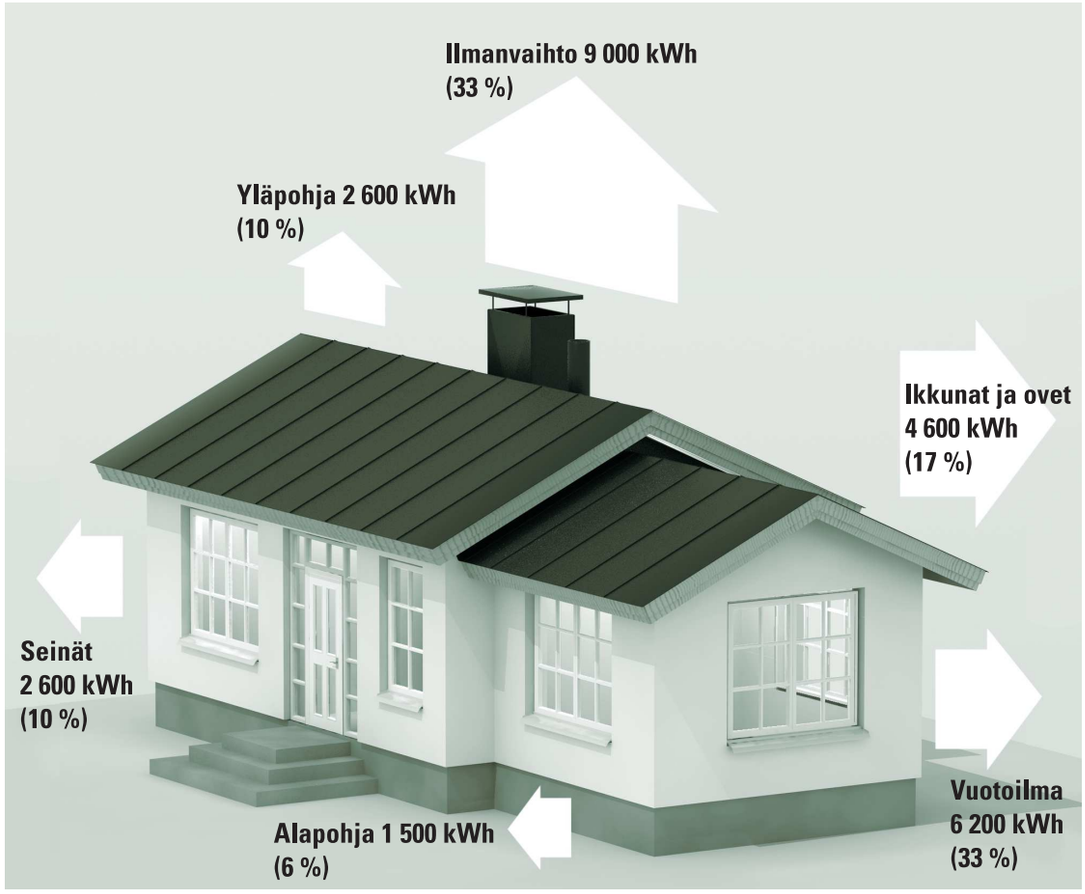
Lämmityskohde	Osuus noin (%)
Huonetilojen lämmitysenergia	40–60
Käyttöveden lämmitys	10–25
Tuloilman esilämmitys	5–15
Huoneisto- ja kiinteistösähkö	20–30

Uusien asuntojen lämmitysjärjestelmistä yleisimmät ovat sähkölämmitys, kaukolämpö ja maalämpö.

Lämmitysjärjestelmien markkinaosuus	Osuus noin (%)
Puu ja pelletti	10
Maalämpö	28
Ilmalämpöpumppu	10
Kaukolämpö	12
Sähkö	37
Öljy	2

Rakennusten energiatehokkuutta pyritään parantamaan paksuntamalla eristeitä ja tekemällä rakennukset tiiviimmiksi. Energiatehokas talo voi olla matalaenergiatalo, passiivienergiatalo tai nollaenergiatalo.

Matalaenergiatalon laskennalliset lämpöhäviöt ovat enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Matalaenergiatalossa kuluu vuodessa lämmitysenergiaa Etelä-Suomessa alle 60 kWh/m^2 ja Pohjois-Suomessa alle 90 kWh/m^2. Passiivienergiatalo taas ei tarvitse lainkaan lämmitys- eikä jäähdytysenergiaa. Koska Suomessa on ankara talvi-ilmasto, vuodessa on sallittua käyttää lämmitysenergiaa Etelä-Suomessa noin 20 kWh/m^2 ja Pohjois-Suomessa noin 30 kWh/m^2. Nollaenergiatalo tuottaa energiaa vähintään saman verran kuin se kuluttaa energiaa.



Talon energiahäviöt. Ilmanvaihto aiheuttaa suuren osan häviöistä.

Lämmön kuljetuksessa lämpöenergia siirtyy liikkuvan aineen mukana

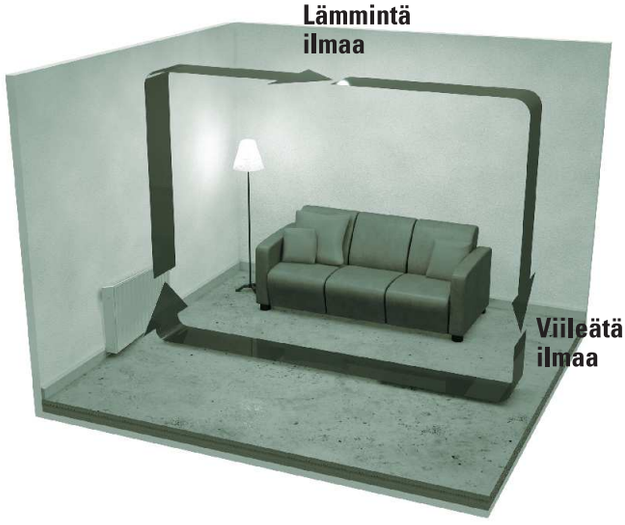
Kun auton sisätilanlämmitin puhaltaa kuumaa ilmaa, se haihduttaa tuulilasin pinnasta huurretta. Huurteen poistoaikaan voidaan vaikuttaa säätämällä puhaltimen ilman lämpötilaa ja puhallustehoa. Kun puhallusteho on suuri, kuumaa ilmaa liikkuu paljon ja nopeasti. Tällöin suuri lämpömäärä siirtyy lyhyessä ajassa lasiin. Vastaavasti jos tuulettimen ilman lämpötila on korkea, lasiin siirtyy paljon lämpöenergiaa ja kuivuminen on nopeaa.

Taloja voidaan lämmittää tietokoneilla

Helsingissä sijaitsevan tietotekniikan palvelutalon konesali tuottaa niin paljon lämpöenergiaa, että sillä voidaan lämmittää jopa 500 omakotitaloa. Tietokoneet tuottavat lämpöenergiaa noin kahden megawatin verran. Sali viilenee muun muassa kylmän meriveden avulla. Jäähdytyksessä tietokoneiden tuottama lämpöenergia lämmittää kaukolämmön vettä.

Tietokoneen prosessoria pitää jäähdyttää

Kun tietokone on käynnissä, sen virtapiireissä kulkee sähkövirta. Sähkövirran vaikutuksesta komponentit lämpenevät. Jotta tietokone toimisi kunnollisesti, sitä täytyy jäähdyttää. Jäähdytys toimii oikein, jos tietokoneen osat tuottavat saman määrän lämpöenergiaa kuin sitä siirtyy pois. Tällöin tietokoneen osien lämpötila säilyy sopivana ja vakiona ja tietokone toimii moitteettomasti.



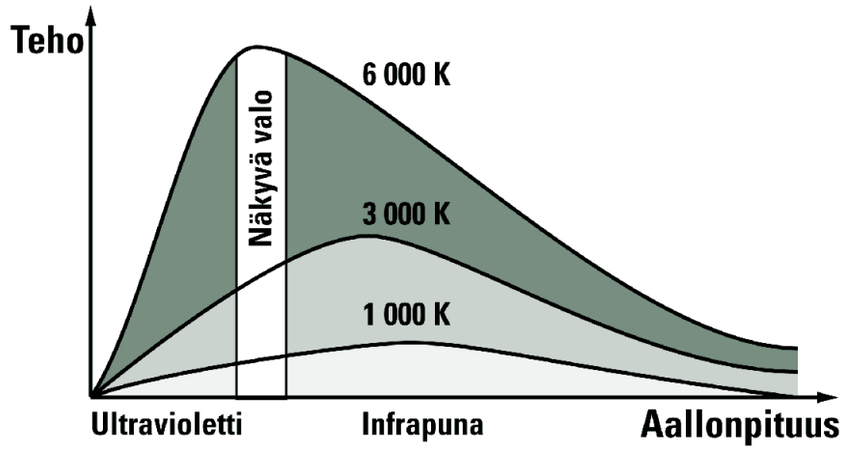
Lämpöpatterin lämmittämä ilma nousee ylös ja kuljettaa lämpöenergiaa huoneeseen.

Lämpösäteilyssä energia siirtyy ilman ainetta

Kun metallikappaletta lämmitetään, sen väri muuttuu. Aluksi se hehkuu punaisena, mutta vähitellen väri muuttuu melkein valkoiseksi. Ihmissilmät aistivat värin muutoksen, joka johtuu kappaleen säteilemän valon aallonpituuden muutoksesta. Silmämme eivät kuitenkaan aisti

kappaleen lämpösäteilyä eli infrapunasäteilyä. Infrapunasäteilyn aallonpituus on suurempi kuin näkyvän valon, joten emme näe sitä. Voimme kyllä tuntea esimerkiksi kämmenellä kuuman kappaleen ”lämmön” koskettamatta kappaletta. Mitä kuumempi kappale on, sitä herkemmin aistimme sen lämpösäteilyn.

Kun kappaleen lämpötila nousee, se säteilee yhä enemmän kaikilla aallonpituuksilla. Kutakin lämpötilaa vastaa aina tietty aallonpituus, jolla kappale säteilee suuremmalla teholla. Kun kappaleen lämpötila nousee, suurimman tehon säteilyn aallonpituus pienenee.



Lämpösäteilyn tehon riippuvuus kappaleen lämpötilasta

Lämpökamera paljastaa lämpövuodot

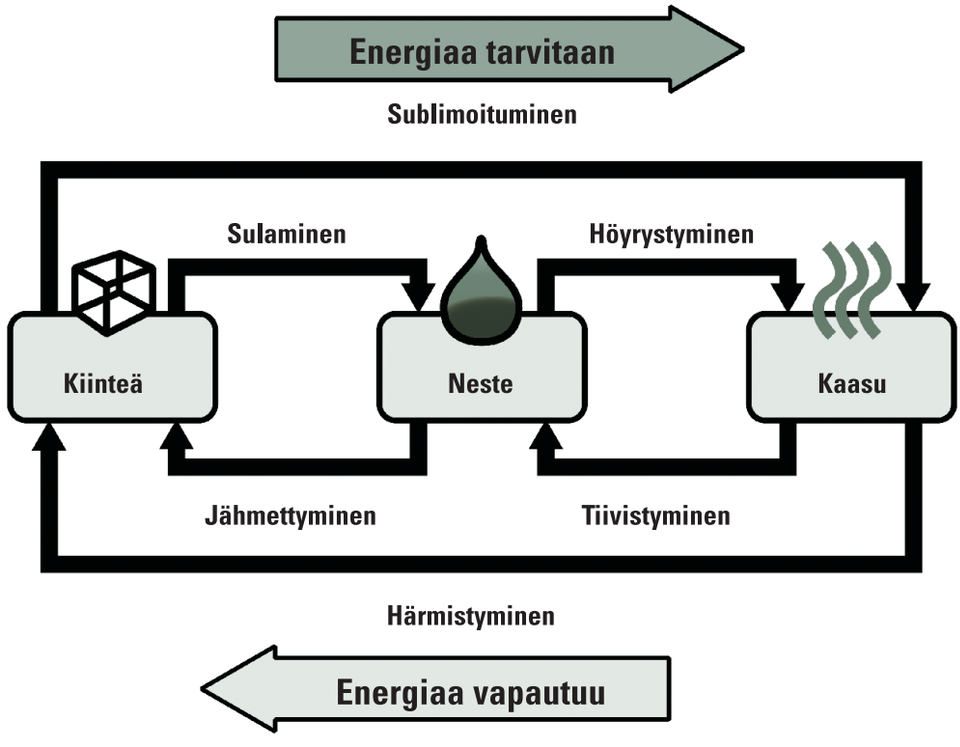
Lämpökamera mittaa kuvauskohteen pinnasta lähtevää lämpösäteilyä, ja sen prosessorit muuttavat lämpösäteilyn voimakkuuden lämpötilalukemaksi. Kohteen eri pisteiden lämpötila-arvoista muodostetaan lämpökamerakuva. Lämpötilan erotuskyvyn tarkkuus voi olla noin asteen sadasosa.

Lämpökameraa voidaan käyttää esimerkiksi rakennustekniikassa rakennusten osien pintalämpötilan tutkimiseen kuntotarkastuksissa. Lämpökameralla voidaan selvittää myös teollisuuden lämpöprosesseja. Lisäksi lämpökameroita voidaan käyttää valvontakameroissa tai etsintälaitteena.

Olomuodon muutoksessa sitoutuu tai vapautuu energiaa

Kovalla pakkasella auto saattaa sammua. Syynä voi olla kaasuttimeen jäätynyt vesi. Nestemäinen bensiini haihtuu kaasuksi moottorin sylinterissä. Haihtuminen vaatii energiaa, joka tulee kaasuttimen metallista. Tällöin kaasuttimen lämpötila laskee. Jos kaasuttimessa on ilmasta tiivistynyttä vettä, se saattaa jäätyä, jolloin kaasuttimen toiminta estyy. Kaasuttimen toiminta siis estyy, jos ilman vesihöyry (kaasu) tiivistyy nesteeksi ja edelleen kiinteäksi jääksi.

Muutkin aineet käyttäytyvät kuten vesi, jonka tavallisimmat olomuodot ovat kiinteä, neste ja kaasu. Aineen muuttumista toiseen olomuotoon kutsutaan olomuodon muutokseksi. Olomuodon muutos tapahtuu aineelle ominaisessa lämpötilassa, ja siihen liittyy aina energian sitoutumista tai vapautumista.



Olomuodon muutokset

Sulamislämpö s on lämpöenergia, joka tarvitaan sulattamaan 1 kg kiinteää ainetta nesteeksi sulamispisteessä. Yhtä suuri energia vapautuu, kun aine jähmettyy nesteestä kiinteäksi. Sulamislämmön yksikkö on kJ/kg.

Alla olevan taulukon mukaan veden (jään) sulamislämpö on 333 kJ/kg. Tämä tarkoittaa sitä, että tarvitaan 333 kJ energiaa yhden jääkilogramman sulattamiseen normaalipaineessa. Vastaavasti kun 1 kg vettä muuttuu kiinteäksi 0 °C:n lämpöiseksi jääksi, vapautuu 333 kJ energiaa.

Sulattamiseen tarvittava energia

$Q = sm$

jossa s = aineen sulamislämpö ja

m = sulavan aineen massa.

Höyrystymislämpö r on lämpöenergia, joka tarvitaan höyrystämään 1 kg nestettä kaasuksi normaalipaineessa. Yhtä suuri energia vapautuu, kun aine tiivistyy nesteeksi. Höyrystymislämmön yksikkö on kJ/kg.

Höyrystymiseen tarvittava energia

$Q = rm$

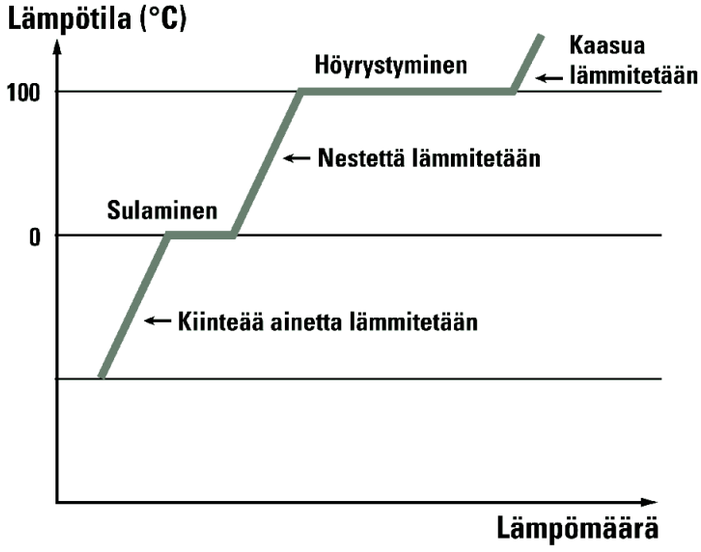
jossa r = aineen höyrystymislämpö ja

m = höyrystyvän aineen massa.

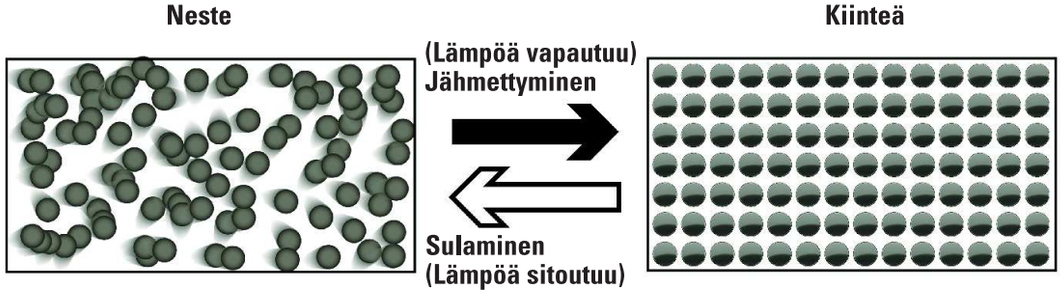
Taulukon mukaan veden höyrystymislämpö on 2 260 kJ/kg. Tämä tarkoittaa sitä, että tarvitaan 2 260 kJ energiaa höyrystämään 1 kg vettä. Vastaavasti kun 1 kg vesikaasua tiivistyy nesteeksi, vapautuu 2 260 kJ energiaa. Veden höyrystymislämpö on noin 7 kertaa suurempi kuin veden sulamislämpö. Höyrystäminen vaatii siis huomattavasti enemmän energiaa kuin sulattaminen.

Joidenkin aineiden sulamis- ja höyrystymislämpöjä

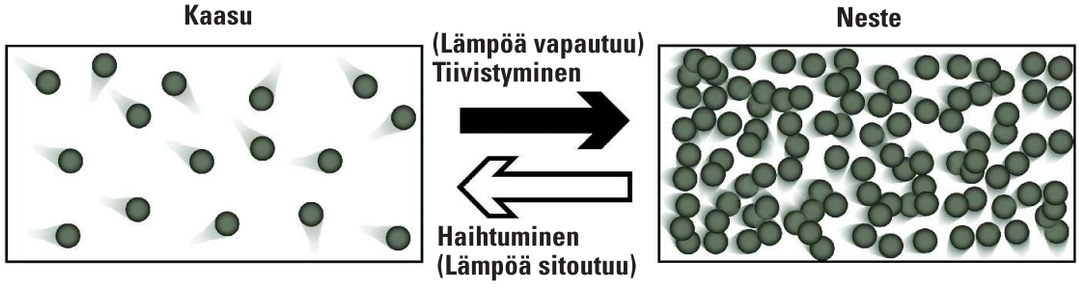
Aine	Sulamislämpö s (kJ/kg)	Höyrystymislämpö r (kJ/kg)
Vesi/jää	333	2 260
Lyijy	25	920
Teräs	100	6 400
Tina	55	2 500



Veden höyrystys vaatii huomattavasti enemmän energiaa kuin sulatus. Sulamis- ja kiehumispisteissä (lämpötiloissa) veden lämpötila ei muutu. Kaikki energia kuluu olomuodonmuutokseen.



Kun kiinteää ainetta lämmitetään, sen rakenneosaset saavat energiaa ja sen lämpötila nousee. Kun lämpötila on noussut sulamispisteeseen, rakenneosaset irtautuvat säännöllisestä rakenteesta. Lämpötila ei tällöin enää muutu, sillä kaikki energia menee rakenteen rikkomiseen.



Kun nestettä lämmitetään, sen rakenneosaset saavat lisää energiaa. Riittävän suurienergiaiset ja nopeat osaset erkanevat tällöin nesteestä ja neste muuttuu kaasuksi.

Esimerkki 8 Juomassa on 20 g:n jääkuutio. Kuinka paljon energiaa kuluu, jos jääkuutio niellään ja se sulaa mahalaukussa. Oletetaan, että jää on sulamispisteessä.

Ratkaisu: Jääkuution massa $m = 20\ \text{g} = 0{,}020\ \text{kg}$ ja taulukon mukaan veden sulamislämpö $s = 333\ \text{kJ/kg}$. Sulamisenergia

$$Q = sm = 333\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0{,}020\ \text{kg} = 6{,}66\ \text{kJ} \approx 6{,}7\ \text{kJ}.$$

Vastaus: Sulattamiseen tarvitaan energiaa **6,7 kJ.**
(Yhtä suuri energia tarvitaan, jos heitetään sata kertaa 1 kg:n punnus 6,7 metrin korkeuteen.)

Esimerkki 9 Kuinka paljon energiaa tarvitaan höyrystämään 20 g:n jääpala, jos se on sulatettu ja lämmitetty astiassa kiehumispisteeseen?

Ratkaisu: Veden massa $m = 20\ \text{g} = 0{,}020\ \text{kg}$, ja taulukon mukaan veden höyrystymislämpö $r = 2\,260\ \text{kJ/kg}$. Höyrystämisenergia on

$$Q = rm = 2\,260\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 0{,}020\ \text{kg} = 45{,}2\ \text{kJ} \approx 45\ \text{kJ}.$$

Vastaus: Höyrystämiseen tarvitaan energiaa **45 kJ.**
(Yhtä suuri energia tarvitaan, jos nostetaan 1 kg:n punnus 4 520 metrin korkeuteen.)

Tietokoneen jäähdytys sulamisenergialla

Varsinkin kannettava tietokone saattaa joissakin tilanteissa lämmetä liikaa, jolloin sen toiminta heikkenee. Tietokoneen prosessoreita voidaan jäähdyttää ilmavirtauksella (lämmön kuljetus). Ellei se riitä, voidaan soveltaa olomuodonmuutokseen sitoutuvaa energiaa. Tietokoneeseen voidaan liittää paneeli, joka sisältää kiteistä natriumsulfaattidekahydraattia. Kun tietokone lämpenee, paneelin sisällä oleva kiinteä aine alkaa sulaa. Sulaminen vaatii energiaa, jonka aine ottaa ympäristöstä, siis tietokoneesta. Tällöin tietokoneen lämpötila laskee. Kun paneeli irrotetaan tietokoneesta, se muuttuu takaisin kiinteäksi aineeksi ja sitä voidaan käyttää uudestaan jäähdytykseen.

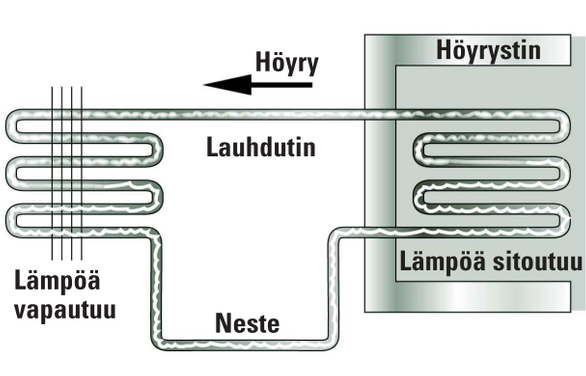
Kastepisteessä vesihöyry tiivistyy

Ilmassa on aina vesihöyryä. Ilman lämpötila vaikuttaa siihen, kuinka paljon ilmassa voi olla vettä. Korkeammassa lämpötilassa vettä voi olla enemmän. Jos ilman lämpötila laskee, saavutetaan lämpötila, jossa ilmassa oleva vesihöyry alkaa tiivistyä. Tätä lämpötilaa kutsutaan kastepisteeksi.

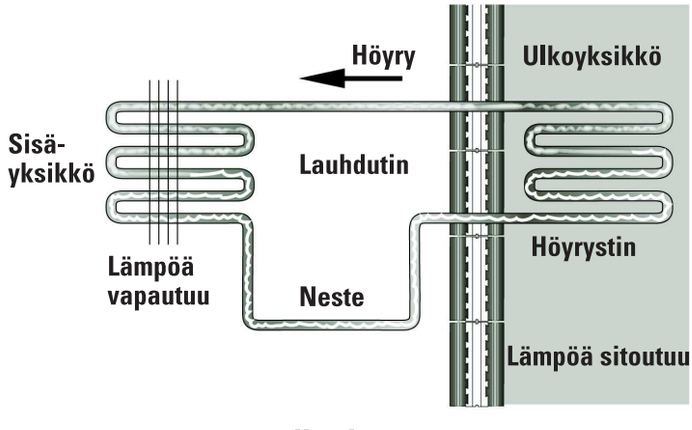
Talvella huoneilman lämpötila on korkeampi kuin ulkoilman lämpötila. Sisäilmassa voi silloin olla enemmän vesihöyryä kuin ulkoilmassa. Jos kostea sisäilma pääsee seinän rakenteisiin, saattaa syntyä kosteusvaurioita. Seinän sisällä lämpötila laskee huoneen lämpötilasta ulkoilman lämpötilaan. Jossakin kohtaa seinää on niin kylmää, että ilman kosteus alkaa tiivistyä. Jos tämä kosteus ei milloinkaan haihdu pois, rakenteet vioittuvat.

Ilmalämpöpumppu on käänteinen jääkaappi

Jääkaapin takaosasta tulee huoneeseen lämmintä ilmaa. Jääkaapin koneisto jäähdyttää jääkaapin sisäosaa ja luovuttaa lämpöä jääkaapin ulkopuolelle. Koneisto siirtää lämpöä kaapista huonetilaan. Vastaavalla tavalla ilmalämpöpumppu jäähdyttää talon ulkopuolella olevaa ilmaa ja lämmittää sisätiloja. Ilmalämpöpumpussa on talon ulkopuolella oleva ulko-osa ja sisätiloissa oleva sisäosa. Ne on kytketty toisiinsa putkilla, joissa kiertää jäähdytysaine.



Jääkaappi

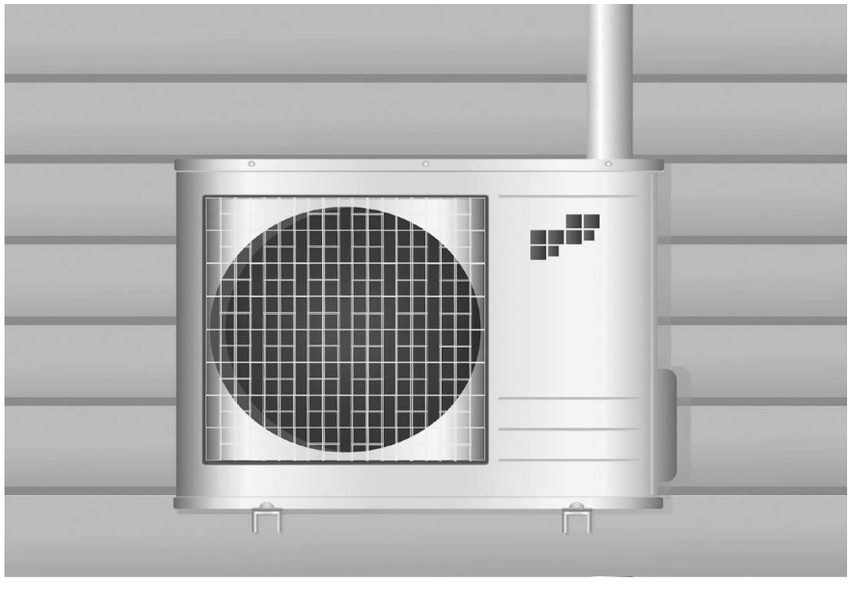


Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumpun toiminta perustuu jäähdytysaineen olomuodonmuutoksissa sitoutuviin ja vapautuviin energioihin: Kun aine muuttuu ulkoyksikössä nesteestä höyryksi, se sitoo energiaa. Kun taas aine muuttuu sisäyksikössä höyrystä nesteeksi, se luovuttaa energiaa. Lämpöpumpussa jäähdytysaine kiertää suljetussa putkistossa, jossa se välillä luovuttaa ja ottaa vastaan lämpöä.

Jäähdytysaine ei kierrä putkistossa itsestään, vaan sitä pitää pumpata koneellisesti. Myös ilmalämpöpumpun sisä- ja ulkoyksikön tuulettimet tarvitsevat energiaa. Koneistojen energia saadaan sähköstä. Ilmalämpöpumpun tehokkuutta kuvataan niin sanotulla COP-luvulla, joka ilmoittaa, kuinka moninkertaisena ilmalämpöpumppuun syötetty sähköenergia voidaan teoriassa saada lämpönä sisätilaan. COP-luku pienenee, kun ulkoilman lämpötila laskee.

Ilmalämpöpumppua voidaan käyttää myös huoneiston jäähdyttämiseen, kun jäähdytysaineen virtaus putkistossa käännetään vastakkaiseksi. Sisäyksikön puhallin kierrättää kennon lävitse sisäilmaa, joka viilenee. Kun jäähdytysaine tiivistyy ulkoyksikössä, se luovuttaa sisäyksikön kennolta saamansa lämpöenergian ulkoilmaan.



Paine kuvaa voiman vaikutusta

Rakennus kohdistaa maaperään voiman. Pilariperustaisen rakennuksen perustus on pinta-alaltaan pieni, minkä vuoksi paino jakautuu pienelle alalle ja rakennus saattaa vajota. Tällöin pohjapaine eli maaperään kohdistuva rasitus on liian suuri. Pohjapainetta voidaan pienentää laajentamalla perustusta. Ääritapauksessa rakennus voidaan rakentaa jäykistetylle laatalle, jolloin sen paino jakautuu koko talon pinta-alan suuruiselle alalle.

Paine kuvaa voiman jakautumista pinnalle. Paine kasvaa, jos voima vaikuttaa pienempään alaan.

Paineen yksikkö on voiman yksikkö jaettuna pinta-alan yksiköllä eli newton/neliömetri (N/m^2). Tälle paineen yksikölle on annettu oma nimi, pascal (Pa). Koska 1 Pa on pieni paine, käytännön tilanteissa käytetään usein monikertoja:
hehtopascal (1 hPa = 100 Pa),
kilopascal (1 kPa = 1 000 Pa) ja
megapascal (1 MPa = 1 000 000 Pa).

Ilmanpaine johtuu ilman painosta

Maapalloa ympäröi ilmakehä. Vaikka ilman tiheys on pieni, kymmenien kilometrien korkeuteen ulottuvalla ilmakerroksella on merkittävä massa. Maan vetovoima vetää ilmaa kohti maata, minkä vuoksi jokaiseen pintaan kohdistuu ilman painosta johtuva puristus, ilmanpaine. Kun noustaan maan pinnalta ylöspäin, yläpuolella on aina vain vähemmän ilmaa, minkä vuoksi ilmanpaine on sitä pienempi, mitä ylempänä ollaan.

Esimerkiksi Mount Everestin huipulla ilmanpaine on noin kolmasosa merenpinnan tason ilmanpaineesta. Kun noustaan maanpinnan lähellä 8 metriä ylöspäin, ilmanpaine laskee noin 1 hPa:a (1 mbar). Ilmanpaine vaihtelee säätilan mukaan, mutta se on noin 100 000 Pa = 0,1 MPa eli 1 000 hPa (hehtopascalia). Paineelle on käytössä myös yksikkö baari. 1 bar = 100 000 Pa, josta käytetään myös nimitystä normaali ilmanpaine.

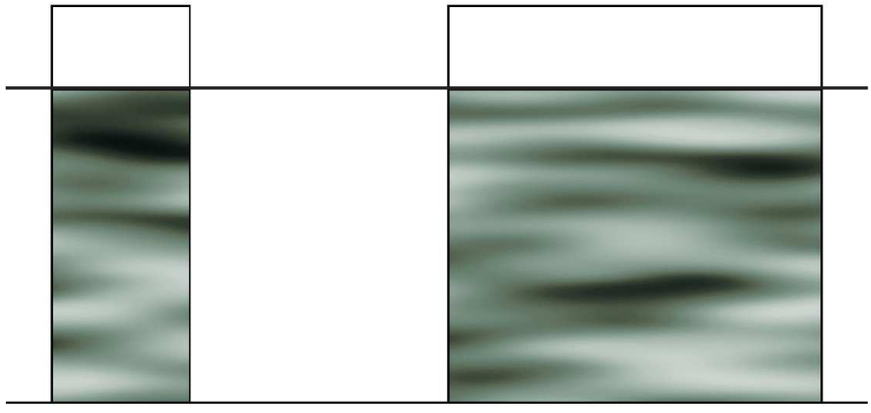
Paineen mittaus on paine-erojen mittaamista

Yleensä paine mitataan niin sanotulla suhteellisella mittauksella, jolla tarkoitetaan tarkasteltavan tilan paineen mittaamista suhteessa ilmanpaineeseen.

Esimerkiksi auton renkaiden painemittarin lukema ilmaisee, kuinka paljon suurempi paine on ulkoilman ilmanpaineeseen nähden. Jos lukema on 0,2 MPa, renkaassa on 0,2 MPa suurempi paine kuin ilmassa. Renkaan ilman absoluuttinen paine on tällöin 0,2 MPa + 0,1 MPa = 0,3 MPa.

Hydrostaattinen paine johtuu nesteen painosta

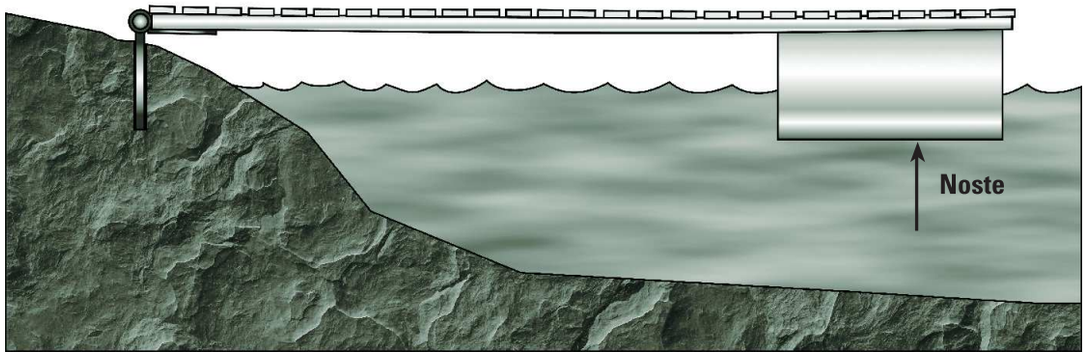
Ilmanpaine johtuu ilman painosta. Vastaavasti nesteessä on nesteen painosta aiheutuva paine. Tämä hydrostaattinen paine suurenee nesteen syvyyden mukana. Samalla syvyydellä on sama paine. Paine riippuu myös nesteen tiheydestä. Mitä tiheämpää neste on, sitä suurempi hydrostaattinen paine on.



Astioiden pohjalla on yhtä suuri hydrostaattinen paine, vaikka niissä on eri määrä nestettä. Paine riippuu vain nesteen korkeudesta.

Noste riippuu nesteen tiheydestä

Kun nostaa kiveä vedessä, se ei tunnu raskaalta. Heti kun kivi on veden yläpuolella ilmassa, se kuitenkin tuntuu painavalta. Kivi tuntuu vedessä kevyemmältä, koska siihen kohdistuu noste: kivi kevenee yhtä paljon kuin sen tilavuuden suuruinen vesimäärä painaa.



Ponttonilaituri kelluu, koska noste kannattelee laituria.

Tiivistelmä

- Celsiusasteikon peruspisteet ovat 0 °C ja 100 °C.
- Lämpölaajeneminen riippuu kappaleen aineesta, koosta ja kappaleen lämpötilan muutoksesta.
- Kappaleeseen sitoutuva lämpöenergia (lämpömäärä) riippuu aineesta, massasta ja lämpötilan muutoksesta.
- Lämpösäteilyssä energiaa siirtyy aineesta toiseen ilman väliainetta.
- Johtumisessa lämpöenergiaa siirtyy kahden aineen välillä.
- Kuljetuksessa lämpöä siirtyy ilman tai nesteen avulla.
- Aineiden kolme yleisintä olomuotoa ovat kiinteä, neste ja kaasu.
- Olomuodonmuutokseen liittyy aina energian sitoutumista tai vapautumista.
- Paine kuvaa voiman jakautumista pinnalle.

2.1 a) Yhdistä suure ja yksikkö viivoilla.

Suure
lämpötila
lämpömäärä
paine

Yksikkö
Pa
J
K

b) Yhdistä suure ja tunnus viivoilla.

Suure
lämpötila
lämpömäärä
paine

Tunnus
T
P
Q

2.2 Yhdistä sanat lauseiksi ja kirjoita ne vastausviivoilla.

Paineen	on	vaikuttaa	on vakio
Sulamispisteessä	suuruuteen	muuttuu	pinta-ala
Sulamisessa	kiinteä	lämpötila	nesteeksi

2.3 Onko väite tosi? Korjaa väärät väittämät.

a) Lämpösäteilyssä lämpö siirtyy aineen kuljetuksessa.

b) Lämpölaajenemiseen vaikuttaa lämpötilan muutos.

c) Jäähtyvä kappale sitoo energiaa.

d) Lämpöenergia siirtyy lämpimästä kylmään.

2.4 Täydennä lauseet sanoilla ”sulamispisteessä”, ”lämmöneristyskykyä”, ”kutistuu” ja ”vakiona”.

a) Kun kappaletta jäähdytetään, se _____.

b) *U*-arvo kuvaa _____.

c) _____ lämpötila pysyy _____.

2.5 a) Muuta celsiusasteista kelvineiksi: alumiinin sulamispiste 660 °C.

_____.

b) Muuta celsiusasteista kelvineiksi: hapen kiehumispiste –183 °C.

_____.

c) Muuta kelvineistä celsiusasteiksi: elohopean sulamispiste 234 K.

_____.

d) Muuta kelvineistä celsiusasteiksi: tinan kiehumispiste 2 543 K.

_____.

2.6 Minkä lämpötila voisi olla

a) 200 °C

_____.

b) 18 °C

_____.

c) 80 °C

_____.

d) 180 °C

_____.

e) 2 800 °C?

_____.

2.7 Miksi vesi on sopimaton tavallisen ulkolämpömittarin nesteeksi?

_____.

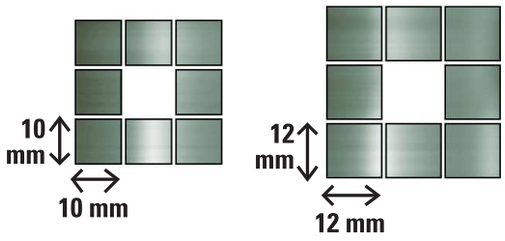
2.8 Täydennä taulukko.

Suure	Suuren tunnus	Yksikön lyhenne
Lämpötila		
	Q	
		J/kg
Ominaislämpö		
		Pa

2.9 Metrin pituista terässauvaa ja kuparisauvaa lämmitetään yhtä paljon. Kumman pituus muuttuu enemmän? Perustele.

2.10 Kuinka paljon 105 metriä pitkän terässillan pituus kasvaa, kun lämpötila muuttuu 42 °C (talven –20 °C:sta kesän +22 °C:seen).

2.11 Selitä oheisen kuvan avulla, miksi reiällistä levyä lämmitettäessä myös reikä laajenee.



2.12 Metallitangon lämpötila muuttuu kuvassa kerrottavan arvon verran. Kumpi tanko laajenee enemmän? Ympyröi oikea vaihtoehto.

a)

Alumiinitanko A Lämpötilan muutos 50 °C	Alumiinitanko B Lämpötilan muutos 20 °C

b)

Alumiinitanko C Lämpötilan muutos 50 °C	Alumiinitanko D Lämpötilan muutos 50 °C

c)

Alumiinitanko E Lämpötilan muutos 50 °C	Alumiinitanko F Lämpötilan muutos 50 °C

d)

Terästanko G Lämpötilan muutos 50 °C	Alumiinitanko H Lämpötilan muutos 50 °C

2.13 Kuinka paljon 0,543 m:n pituista huoneenlämpöistä (20 °C) terässauvaa pitäisi lämmittää, jotta sen pituus muuttuisi 1,2 mm?

2.14 a) Mitkä ovat lämmönsiirtymistavat?

b) Kerro kaikista niistä ainakin kaksi käytännön esimerkkiä.

2.15 Mitä aineen rakenteelle tapahtuu, kun se muuttuu

a) kiinteästä nesteeksi

b) nesteestä kaasuksi? Piirrä kuva muutoksesta.

2.16 Mitä tarkoittaa

a) sulamislämpö

b) höyrystymislämpö?

2.17 Kuinka paljon vapautuu energiaa, kun 100 kg 0 °C:n lämpöistä vettä jäätyy?

2.18 Onko väite tosi? Korjaa virheelliset väitteet.

a) 20 °C on yhtä korkea lämpötila kuin 273 K.

b) Teräs ja betoni lämpölaajenevat samalla tavoin.

c) Matin saunan kiukaan lämpökapasiteetti on suurempi kuin Maijan kiukaan. Matin kiukaan lämpötila nousee siis vähemmän kuin Maijan kiukaan, kun kiukaisiin tuodaan sama määrä lämpöenergiaa.

d) Veden ominaislämpökapasiteetti on suurempi kuin etanolin.

2.19 Pitääkö paikkansa, että perunat kypsyvät kattilassa sitä nopeammin, mitä kovemmin vesi kiehuu?

2.20 Virtasten perhe lämmittää omakotitalonsa polttoöljyllä ja Koskisten perhe puulla. Molempien talojen vuotuinen lämpöenergian tarve on 60 000 MJ.

a) Kuinka paljon Virtasilla kuluu polttoöljyä vuodessa, jos lämmityksen hyötysuhde on 75 %?

b) Kuinka paljon Koskisilla kuluu polttopuuta (koivu), jos puulämmityksen hyötysuhde on 55 %?

c) Selvitä molempien polttoaineiden hinnat ja laske lämmityksen vuosilasku.

Koivukuution massa on noin 400 kg.

2.21 Seinämän *U*-arvo on 0,17 W/Km^2. Mitä luku 0,17 tarkoittaa?

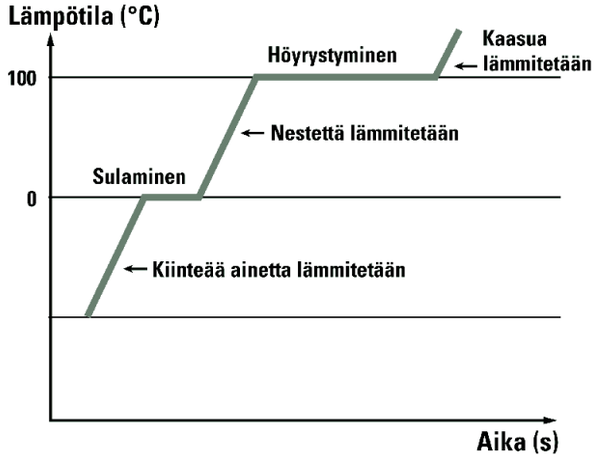
2.22 Miksi sulamislämmön yksikkö on $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$ (tai kJ/kg) eikä $\frac{\text{J}}{°\text{C kg}}$?

2.23 Kuvassa esitetään erään aineen lämpötilaa ajan funktiona, kun aineeseen tuodaan vakioteholla energiaa.

a) Miksi Sulaminen-kohdassa on vaakasuora osa?

b) Missä kuvaajan kohdassa on aineen kiehumispiste?

c) Miksi Kiinteää ainetta lämmitetään -kohta on nouseva suora?

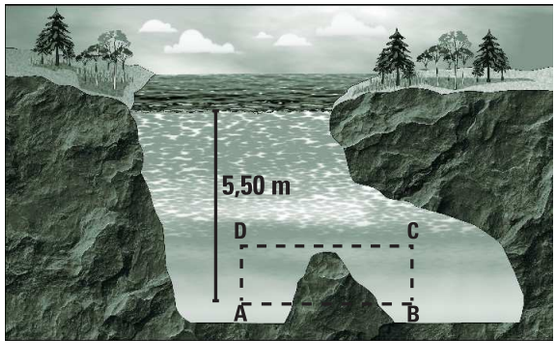


2.24 a) Kuinka paljon tarvitaan energiaa, kun pyykkiä kuivuu sisällä narulla. Pyykistä haihtuu yhteensä 1 kg vettä.

b) Pyykkiä kuivatetaan mainitulla tavalla kerran viikossa. Jos energia tulee sähköpattereista, kuinka paljon vuoden pyykkien kuivatus maksaa? Energian hinta on 0,10 €/kWh

2.25 Painemittari näyttää auton renkaassa olevan ilman ylipaineen. Ennen ajoa mittarin lukema on 15 °C:n lämpötilassa 0,17 MPa. Kuinka suuri on paineen muutos ajon jälkeen, kun mittarin lukema on noussut 0,21 MPa:iin?

2.26 Vertaa hydrostaattisia paineita pisteissä A, B, C ja D.



TIEDONHAKUTEHTÄVÄT

2.27 Vedyllä on korkea lämpöarvo. Etsi internetistä tietoa vedyn käytöstä polttoaineena. Missä sitä käytetään? Miten vetyä valmistetaan polttoaineeksi? Mitä ongelmia ja hyötyjä vedyn käytössä on?

2.28 Puupellettien käyttö polttoaineena on lisääntynyt. Etsi internetistä tietoa pellettien valmistuksesta ja käytöstä polttoaineena.

TUTKIMUSTEHTÄVÄT

2.29 Mittaa huoneen lämpötila yläosassa ja alaosassa. Onko lämpötiloissa eroa? Mistä mahdollinen ero voi johtua?

2.30 Laita tyhjään jogurttipurkkiin vettä ja toiseen ruokaöljyä. Laita purkit pakasteeseen. Odota, kunnes molemmat ovat muuttuneet kiinteiksi. Miten vesi ja öljy käyttäytyvät pakastuksessa?

2.31 a) Ota sama määrä kuumaa ja kylmää vettä ja sekoita ne yhteen. Mittaa loppulämpötila.

b) Ota kuumaa vettä kaksi kertaa niin paljon kuin kylmää vettä ja sekoita ne yhteen. Mittaa jälleen lämpötilat

2.32 Täytä kaksi tyhjää 0,5 litran juomapulloa kuumalla vedellä. Mittaa veden lämpötila. Laita toisen pullon ympärille eristystä, vaikkapa kaulahuivi. Tutki, miten veden jäähtyminen astiassa riippuu eristyksestä.

2.33 Kasta pumpulitukko veteen (kynsilakanpoistoaineeseen tai spriihin) ja kiedo pumpuli lämpömittarin säiliön tai lämpötila-anturin ympärille kuminauhan avulla. Heiluttele lämpömittaria. Mitä huomaat? Selitä ilmiö.

- Mitä sähkö on?
- Milloin voi saada sähköiskun?
- Kuinka suuri on hiustenkuivaimen teho?

3 Sähköllä siirretään energiaa

Käytämme sähkölaitteita päivittäin sekä kotona että työssä. Sähkölaitteet soveltavat sähkövirran erilaisia vaikutuksia. Sähkövirran lämpövaikutuksia käytetään hyödyksi monella tavalla esimerkiksi sähkölämmityksessä, leivinuuneissa, liesissä ja sähkösaunojen kiukaissa. Lämpövaikutuksesta on toisaalta haittaa, sillä sen mukana laitteet kuumenevat ja saattavat jopa rikkoutua. Esimerkiksi tietokonetta on jäähdytettävä, jottei se ylikuumenisi.

Sähkövirran magneettisia vaikutuksia taas käytetään hyväksi sähkömagneeteissa, muuntajissa ja sähkömoottoreissa. Melkein kaikki käyttämämme sähkö on tuotettu sähkömagneettien avulla generaattoreissa.

Sähkön kemiallisia vaikutuksia käytetään hyödyksi esimerkiksi akuissa, paristoissa ja galvanoinnissa.

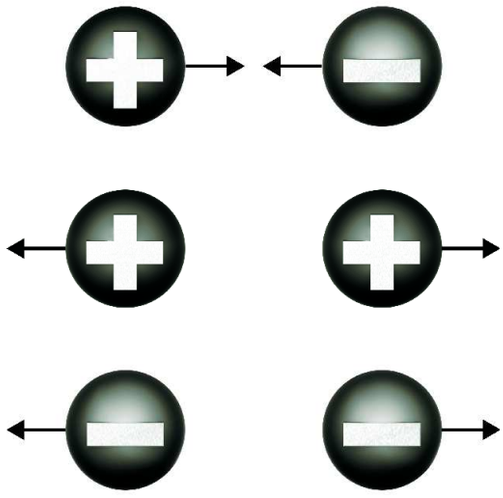
Hankaussähkö seuraa sähkövarauksista

Kun puhtaita hiuksia harjataan, ne tulevat sähköisiksi ja nousevat helposti pystyyn, koska harjaus sähköistää hiukset ja saa ne hylkimään toisiaan. Vastaavasti tekokuituisen vaatteen riisuminen saa aikaan ääntä ja pieniä salamoita, jotka voi havaita pimeässä.

Hankaussähköilmiöt seuraavat siitä, että eri ainetta olevien kappaleiden hangatessa toisiaan kappaleesta toiseen siirtyy sähkövaraus. Kappaleiden välinen varausero purkautuu kipinöintinä.

Pienin tunnettu varaus on elektronin varaus, jota kutsutaan alkeisvaraukseksi ja merkitään symbolilla e. Alkeisvarauksen suuruus on $e \approx 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C. On sovittu, että elektronin varaus on negatiivinen.

Sähkövaraus
tunnus = Q
yksikkö = coulombi (C)



Sähköisesti erimerkkiset kappaleet vetävät toisiaan puoleensa ja samanmerkkisesti varautuneet kappaleet hylkivät toisiaan.

Esimerkki 1 Kun villaa hangataan vaahtomuoviin, vaahtomuovi ottaa vastaan villasta elektroneja. Tuleeko villasta positiivisesti vai negatiivisesti varautunutta? Entä mitä tapahtuu vaahtomuovin varaukselle?

Ratkaisu: Elektronit ovat negatiivisesti varautuneita. Villa siis menettää negatiivista varaustaan, joten siitä tulee positiivisesti varautunutta. Vaahtomuovi taas saa negatiivisia varauksia, joten siitä tulee negatiivisesti varautunutta.

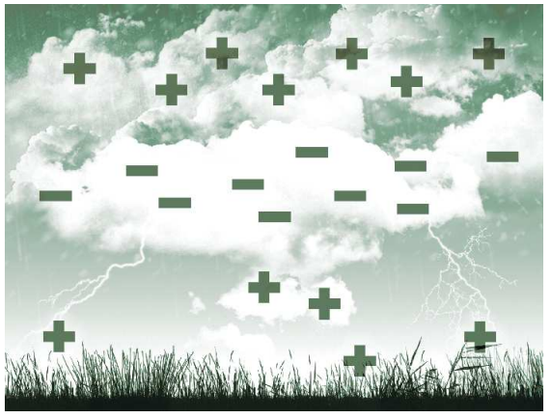
Hankaussähkö voi aiheuttaa vaaratilanteen teollisuudessa

Hankaussähkön aiheuttama kipinöinti on monesti haitallista, ja se pyritään eliminoimaan. Esimerkiksi lentokoneet maadoitetaan eli yhdistetään sähköjohdolla lentokenttään tankkauksen ajaksi. Samoin tehdään säiliöautoille. Elektroniikkateollisuudessa komponentit taas saattavat vaurioitua hankaussähköstä, minkä vuoksi kokoonpanohallien lattiamateriaalit ovat antistaattista materiaalia. Teollisuuden kuljetushihnoissa saattaa syntyä myös hankaussähköä, minkä vuoksi ne pitää maadoittaa. Erilaisissa prosesseissa syntyvä ilmassa liikkuva pöly puolestaan saattaa räjähtää, kun se varautuu hankauksessa.

Sähkövarausten vetovoimasta on hyötyä

Erimerkkisten varausten välistä vetovoimaa käytetään hyödyksi ruiskumaalauksessa, jossa maalattava johdekappale kytketään jännitelähteen plus-napaan ja miinus-napa maaliruiskuun. Tällöin negatiivisesti varatut maalipisarat lentävät tasaisesti kohti maalattavaa pintaa. Vastaavalla tavalla mustesuihkukirjoittimissa muste ohjataan kohti paperia. Ilman- ja savukaasujen puhdistuksessa kaasujen epäpuhtaushiukkaset takertuvat sähköisesti puhdistimeen.

Eräissä kiteissä tapahtuu varausten siirtymää, kun niitä puristetaan mekaanisesti. Tätä pietsosähköilmiötä voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi jännitys- ja painemittareissa.



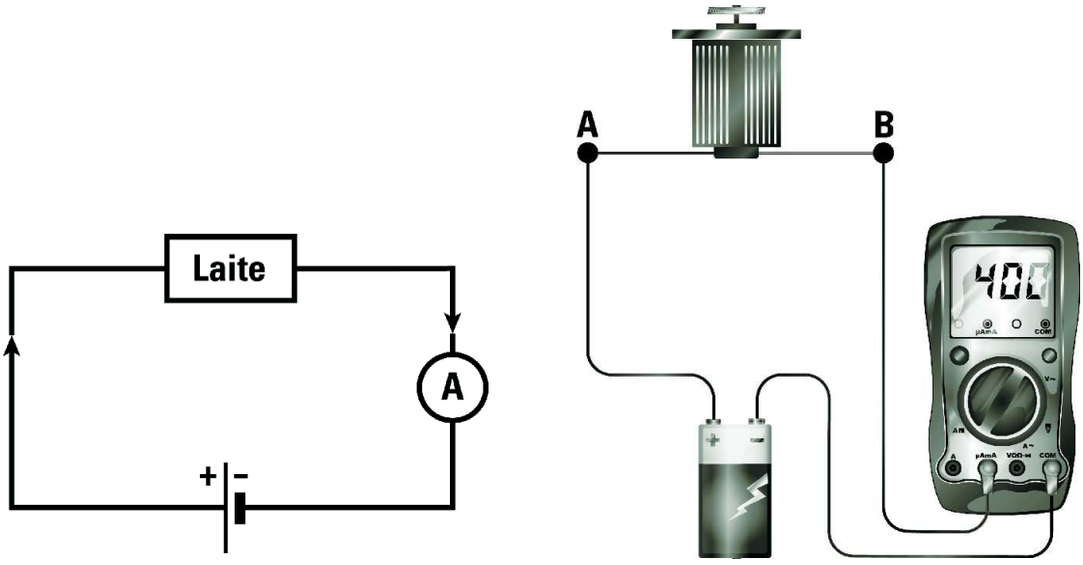
Ukkonen syntyy, kun pilvessä olevat jääkiteet hankaavat toisiaan. Tällöin pilven sisälle syntyy varausjakauma. Varaus purkautuu salamana.

Sähkövirta on varausten liikettä

Kun leivänpaahtimeen kytketään sähkövirta, hetken kuluttua voi aistia, että paahdin lämpiää. Lämpötilan nousu seuraa siitä, että paahtimen vastuslangassa kulkee elektroneja. Elektronit törmäilevät langan materiaalin rakenneosiin, jolloin se kuumenee. Sähkövirta metallijohtimissa on elektronien liikettä. Elektronit etenevät johtimessa satunnaisesti törmäillen, ja niiden keskimääräinen etenemisnopeus johtimessa on noin 0,1 mm/s. Mitä enemmän elektroneja kulkee, sitä suurempi sähkövirta on.

Sähkövirta voidaan mitata yleismittarilla, kun se asetetaan virtamittausalueelle. Koska sähkövirta on varausten liikettä, virtamittarin on ”laskettava” kaikki johtimessa kulkevat varaukset. Virtamittausta varten piiri tulee siis avata ja virtamittari on asetettava osaksi piiriä. Sanotaan, että virtamittari kytketään sarjaan.

Sähkövirta
tunnus = *I*
yksikkö = ampeeri (A)



Virtamittari kytketään sarjaan.

Sähkövirrat voivat olla hyvin pieniä tai suuria

Laite	*I* (A)
Tietokoneen virtapiirit	10^{-9} (= 0,00 000 000 1)
Television virtapiirit	10^{-3} (= 0,001)
Keittolevy	10
Sähköhitsaus	200
Sähköveturi	1 000
Salama	10 000

Esimerkki 2 Kuluttaako laite sähkövirtaa?

Ratkaisu: Sähkövirta on varausten liikettä. Koska varaukset eivät kulu tai häviä sähköpiirissä, laite ei kuluta sähkövirtaa. Siten sähkövirta ennen laitetta, laitteessa ja laitteen jälkeen on sama.

Jännite on varaustilan ero

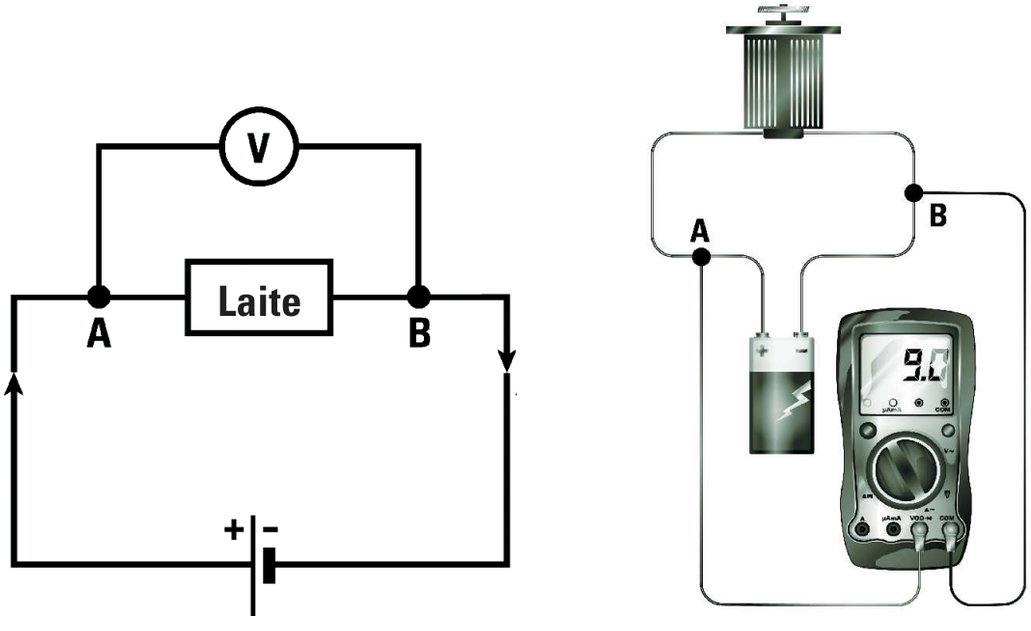
Asutuskeskuksen vesi on vesitornissa, josta se virtaa putkistossa asuntoihin. Vesi ei nouse itsestään torniin, vaan se pitää pumpata sinne. Mitä korkeammalla vesitornin vesi on, sitä voimakkaammin se tulee alas. Vedenpintojen korkeusero on siis virtauksen aiheuttaja.

Vastaavasti taskulampussa paristo ”pumppaa” elektroneja kohti pariston negatiivista napaa. Kun lamppu kytketään käyttöön, elektronit pääsevät johtimia pitkin takaisin paristoon. Elektronit pyrkivät tasoittamaan pariston napojen välisen varaustilan eron. Napojen välistä varaustilan eroa kuvaa suure jännite. Jännite vastaa vesijohtoverkoston korkeuseroa.

Jännite voidaan mitata yleismittarilla, joka asetetaan jännitemittausalueelle. Koska jännite vastaa vesiputouksen korkeutta, jännitemittari asetetaan mittauskohdan viereen kuten mittanauha korkeusmittauksessa. Sanotaan, että jännitemittari kytketään rinnan.

Jännite

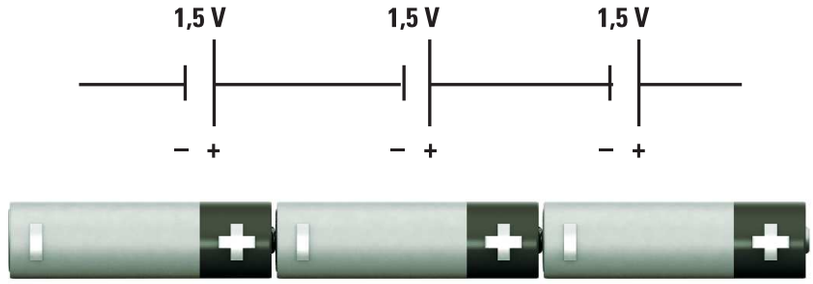
tunnus = *U*
yksikkö = voltti (V)



Jännitemittari kytketään rinnan.

Jännitelähteitä kytketään sarjaan ja rinnan

Tavallisen AA-sauvapariston jännite on uutena noin 1,5 V. Useat laitteet tarvitsevat toimintaansa kuitenkin suuremman jännitteen. Suurempi jännite saadaan, kun paristoja kytketään sarjaan. Paristot ovat sarjassa, kun ne on kytketty jonoksi eli niiden erimerkkiset navat on yhdistetty. Esimerkiksi kolmen 1,5 V:n pariston kokonaisjännite on sarjaan kytkennässä 4,5 V.



Sarjaankytkentä

Jos kytketään useita jännitelähteitä sarjaan, kokonaisjännite on osajännitteiden summa.

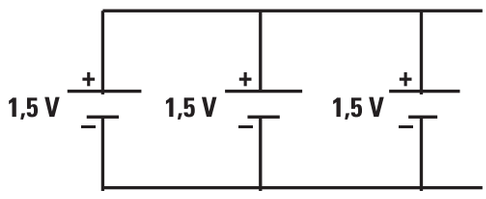
$U = U_1 + U_2 + U_3 + ...$

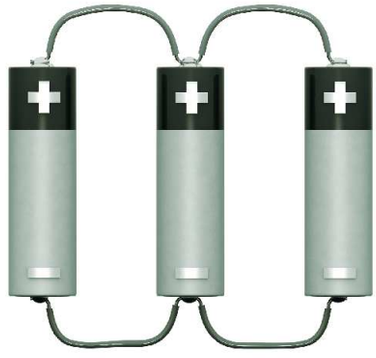
Rinnankytkentä

Jos kytketään useita samansuuruisia jännitelähteitä rinnan, kokonaisjännite on yhtä suuri kuin osa-jännitteet.

$U = U_1 = U_2 = U_3 = ...$

Toisinaan tulee eteen tilanteita, joissa ei ole tarvetta kasvattaa jännitettä mutta sen sijaan täytyy varmistaa, että paristosta saadaan energiaa pitkään. Tällöin paristot kytketään rinnan. Paristot on kytketty rinnan, kun niiden samanmerkkiset navat on yhdistetty. Esimerkiksi kahden 1,5 V:n pariston kokonaisjännite on rinnankytkennässä 1,5 V. Uutta ja vanhaa paristoa ei pidä kytkeä rinnan, sillä uusi paristo yrittää ladata vanhaa, jolloin molemmat tyhjenevät pian.



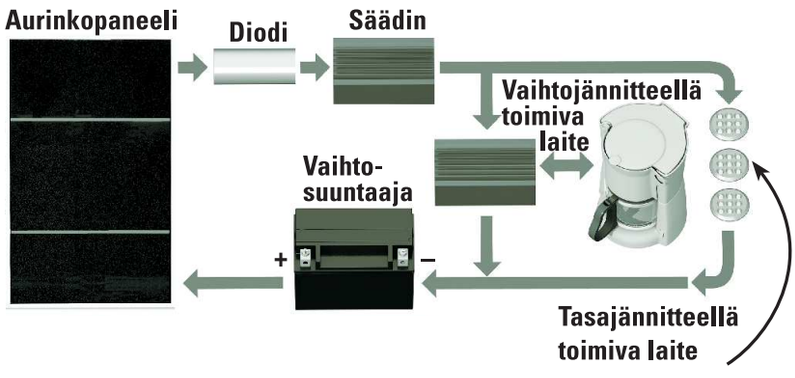


Erilaisia jännitteitä

Laite	*U* (V)
Matkapuhelimen akku	3,6
Akkuporakoneen akku	9,6
Asuntojen sähköverkko	230
Energialaitoksen jakelujännite	24 000
Valtakunnallinen siirtojännite	400 000

Aurinkosähköjärjestelmällä sähköä ekologisesti

Aurinkosähköjärjestelmässä sovelletaan jännitelähteiden sarjaan- ja rinnankytkentää. Aurinkokenno on puolijohdekomponentti, johon syntyy auringon valon vaikutuksesta noin 0,5 V:n tasajännite. Kennot kytketään aurinkosähköpaneelissa sarjaan ja rinnan siten, että saadaan sopiva jännite ja teho.



Aurinkopaneeli lataa akkua. Tasajännitettä käyttävät laitteet voidaan kytkeä akkuun mutta vaihtojännitettä käyttäville laitteille tasajännite muutetaan vaihtojännitteeksi.

Vastuksella on resistanssi

Vesijohtoverkostossa vesi virtaa paremmin paksussa putkessa kuin ohuessa. Saman paksuisissa putkissa sisäosaltaan sileämmässä putkessa vesi virtaa paremmin kuin rosoisessa.

Vastaavasti halkaisijaltaan suuressa johtimessa mahtuu kulkemaan enemmän elektroneja kuin pienessä. Samoin eri materiaaleista valmistetuissa johtimissa elektroneilla on erilaiset mahdollisuudet kulkea. Johtimen kykyä vastustaa sähkövirtaa kuvataan suureella resistanssi.

Resistanssi

$$R = \frac{U}{I}$$

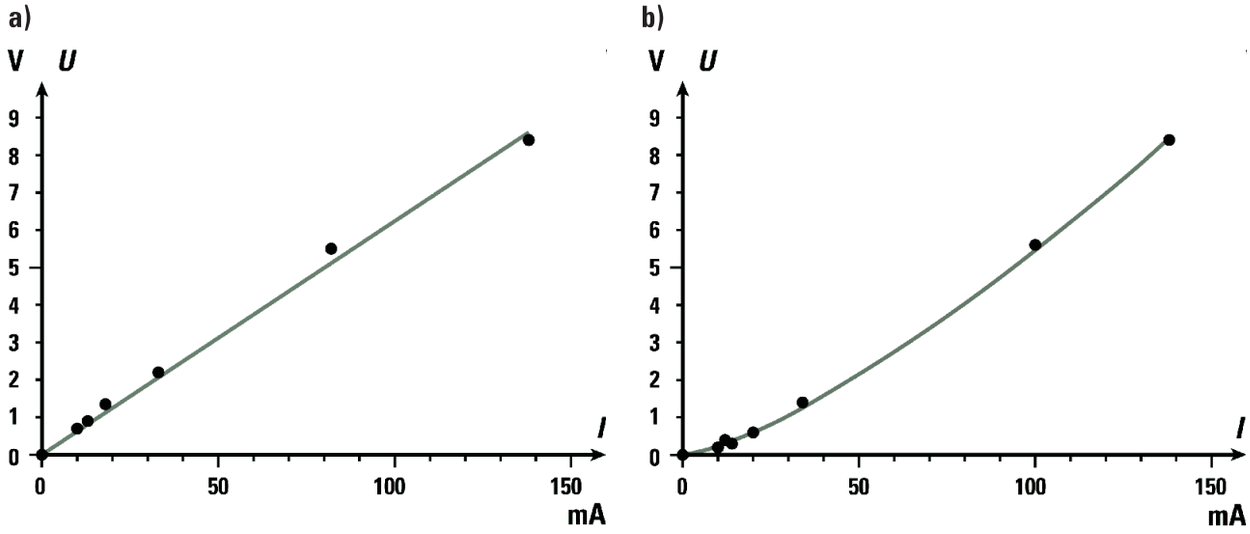
jossa U = komponentin jännite
I = komponentin sähkövirta.

Resistanssin tunnus on R ja yksikkö ohmi (Ω). Sähköisen komponentin tai virtajohtimen resistanssi R saadaan jakamalla komponentin päiden välinen jännite (jännite-ero, jännitehäviö) U komponentin sähkövirralla I.

Resistanssin määritelmästä saadaan resistanssille yksikkö $\frac{V}{A}$ jännitteen ja sähkövirran yksikköjen avulla. Resistanssin yksikölle on annettu oma nimi ohmi (Ω) eli $\Omega = \frac{V}{A}$.

Komponentteja, joiden avulla saadaan sähkölaitteeseen tarkoituksenmukainen resistanssi, kutsutaan vastuksiksi. Jos laite kytketään annettuun jännitteeseen, vastuksen avulla voidaan säätää siihen sopiva sähkövirta.

Ohmin lain mukaan jännite ja virta ovat metallijohtimessa vakiolämpötilassa suoraan verrannolliset. Kun jännite kasvaa, myös sähkövirta komponentissa kasvaa ja suhde U/I pysyy vakiona.



a) Vakiolämpötilassa olevan metallijohtimen I-U-suora

b) Hehkulangan I-U-käyrä

Kaikki komponentit eivät noudata Ohmin lakia, jolloin suoraan verrannollisuus ei päde. Esimerkiksi hehkulampun vastuslanka kuumenee eikä resistanssi ole vakio. Myös tässä tapauksessa komponentin resistanssi voidaan laskea lausekkeesta $R = \frac{U}{I}$, mutta resistanssin arvot eivät ole vakioita. Joidenkin materiaalien resistanssi muuttuu valon tai lämpötilan vaikutuksesta. Tällaisesta aineesta valmistettuja vastuksia voidaan käyttää mittalaitteena tai säätimenä.

Esimerkki 3 Sähkölämmitin kytketään 230 V:n jännitteeseen ja siihen pitää saada 4,3 ampeerin sähkövirta. Kuinka suuri lämmittimen resistanssin on oltava?

Ratkaisu: Jännite $U = 230$ V ja sähkövirta $I = 4{,}3$ A.

Resistanssi on $R = \frac{U}{I} = \frac{230\ \text{V}}{4{,}3\ \text{A}} = 53{,}488\ \Omega \approx 53\ \Omega$.

Vastaus: Lämmittimen resistanssi on **53 Ω**.

Esimerkki 4 Kuinka suuri sähkövirta on laitteessa, joka on kytketty 12 V:n jännitteeseen ja jonka resistanssi on 22 Ω?

Ratkaisu: Jännite $U = 12$ V ja resistanssi $R = 22\ \Omega$.

Sähkövirta on $I = \frac{U}{R} = \frac{12\ \text{V}}{22\ \Omega} = 0{,}54545\ \text{A} \approx 0{,}55\ \text{A}$.

Vastaus: Sähkövirta on **0,55 A.**

Esimerkki 5 Kuinka suuri jännite tarvitaan, jotta 20 Ω:n vastuksessa olisi 0,20 A:n sähkövirta?

Ratkaisu: Vastuksen resistanssi on $R = 20\ \Omega$ ja sähkövirta $I = 0{,}20$ A.
Jännite on $U = RI = 20\ \Omega \cdot 0{,}20\ \text{A} = 4{,}0$ V.

Vastaus: Jännite on **4,0 V**.

Sähkövirta siirtää sähköenergiaa

Padosta vapautuva vesi pyörittää turbiineja sitä tehokkaammin, mitä korkeammalta vesi putoaa. Turbiinien pyörimistä voidaan lisätä käyttämällä suurempia putkia, joissa virtaa enemmän vettä.

Vastaavasti sähkölaitteen tehoa voidaan lisätä kasvattamalla jännitettä ja sähkövirtaa.

Sähköenergia on virtapiirin siirtämää energiaa. Energiaa otetaan esimerkiksi jännitelähteestä tai akusta ja käytetään johtimilla kytketyssä laitteessa.

Sähköteho
Sähkövirran siirtämä teho tasasähköllä

$P = UI$

jossa U = jännite ja
I = sähkövirta.

Sähköteho tarkoittaa aikayksikössä siirtyvää sähköenergiaa.

Tehon yksikkö on watti (W), ja se saadaan tehon yhtälön $P = UI$ mukaisesti myös jännitteen ja sähkövirran yksiköistä W = VA.

Toisinaan tunnetaan laitteen resistanssi R ja joko siihen kytketty jännite U tai sen sähkövirta I. Tällöin teho voidaan laskea yhtälöistä

$$P = RI^2 = \frac{U^2}{R}.$$

Teho riippuu laitteesta

Laite	P (W)
Televisio	100
Pölynimuri	1 000
Hiustenkuivain	1 000
Sähkökiuas	6 000

Sähkötehon yhtälö $P = UI$ ja resistanssin lauseke $U = RI$ pätevät myös vaihtosähkölaitteille, joissa on lämmitysvastus.

Esimerkki 6 Johda tehon yhtälöt $P = RI^2 = \frac{U^2}{R}$.

Ratkaisu: Sijoitetaan tehon yhtälöön $P = UI$ jännitteen U paikalle resistanssiyhtälö $U = RI$. Tällöin saadaan $P = RI \cdot I = RI^2$.

Toisaalta sähkövirta on $I = \frac{U}{R}$. Sijoitetaan tämä tehon yhtälöön, jolloin saadaan $P = UI = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$.

Esimerkki 7 Auton ajolampun jännite on 12 V ja teho 60 W. Kuinka suuri sähkövirta lampussa on?

Ratkaisu: Jännite $U = 12$ V ja teho $P = 60$ W.

Teho $P = UI$, joten $I = \frac{P}{U} = \frac{60\ \text{W}}{12\ \text{V}} = 5{,}0\ \text{A}$.

Vastaus: Sähkövirta on **5,0 A**.

Esimerkki 8 Sähkölämmittimen vastuksen resistanssi on 200 Ω. Kuinka suuri on lämmittimen teho, jos se kytketään 230 V:n jännitteeseen?

Ratkaisu: Nyt tunnetaan resistanssi $R = 200\ \Omega$ ja jännite $U = 230\ \text{V}$, joten käytetään teholle yhtälöä $P = \frac{U^2}{R}$. Sijoitetaan lukuarvot, jolloin saadaan $P = \frac{(230\ \text{V})^2}{200\ \Omega} = 264{,}5\ \text{W} \approx 260\ \text{W}$.

Vastaus: Teho on **260 W**.

Esimerkki 9 Työmaalla oli käytössä kulmahiomakone (1 600 W), käsisirkkeli (1 300 W) ja käsiporakone (800 W). Laitteet kytkettiin 230 V:n jännitteeseen samaan jatkojohtoon. Kestääkö 10 A:n sulake?

Ratkaisu: Lasketaan kunkin laitteen sähkövirta. Koska laitteet on kytketty samaan jatkojohtoon (rinnan kytkentä), kokonaissähkövirta saadaan laskemalla laitteiden sähkövirrat yhteen.

Kulmahiomakone: $I = \frac{P}{U} = \frac{1600\ \text{W}}{230\ \text{V}} = 6{,}9565\ \text{A}$.

Käsisirkkeli: $I = \frac{P}{U} = \frac{1300\ \text{W}}{230\ \text{V}} = 5{,}6522\ \text{A}$.

Käsiporakone: $I = \frac{P}{U} = \frac{800\ \text{W}}{230\ \text{V}} = 3{,}4783\ \text{A}$.

Kokonaissähkövirta on 16,087 A. Koska tämä on selvästi yli 10 A, sulake ei kestä. Laitteita ei siis voi käyttää yhtä aikaa.

Vastaus: **Sulake ei kestä.**

Hyötysuhde kuvaa laitteesta saatavaa energiaa

Hyötysuhde

$$\eta = \frac{E_a}{E_o} = \frac{P_a}{P_o}$$

E_a = antoenergia
E_o = ottoenergia
P_a = antoteho
P_o = ottoteho

Sähkötyökalut ja kodinkoneet eivät toimi 100 %:n hyötysuhteella, vaan aina osa laitteen ottamasta energiasta muuttuu hyödyttömään muotoon esimerkiksi lämmöksi. Hyötysuhde η (lue: eetta) lasketaan käyttöön tai hyödyksi saadun energian (koneen antaman energian) ja otetun energian suhteena. Koska teho on energia jaettuna ajalla, hyötysuhde voidaan ilmaista myös hyödyksi saadun tehon (koneen antaman tehon) ja otetun tehon suhteena.

Esimerkki 10 Sähkölämmittimen sähkövirta on 2,1 A. Kuinka paljon energiaa saadaan veden lämmitykseen, kun järjestelmän hyötysuhde on 90 %. Lämmitin kytketään 230 V:n jännitteeseen.

Ratkaisu: Jännite $U = 230$ V ja sähkövirta $I = 2{,}1$ A. Laitteen ottoteho P_o on

$$P_o = UI = 230 \text{ V} \cdot 2{,}1 \text{ A} = 483 \text{ W}.$$

Koska hyötysuhde on $\eta = 80\ \% = 0{,}80$, antoteho on

$$P_a = \eta P_o = 0{,}80 \cdot 483 \text{ W} = 386{,}4 \text{ W} \approx 390 \text{ W}.$$

Vastaus: Antoteho on **390 W**.

Sähkönkulutus mitataan kilowattitunteina

Sähkölaitokset laskuttavat asiakkaiden sähköenergian kulutuksesta. Ostetun energian määrä ilmoitetaan käyttämällä yksikköä kWh (kilowattitunti). Kyseessä on energiamäärä, jonka 1 kW:n (= 1 000 W) tehoinen laite käyttää tunnissa (1 h).

Teho on käytetty energia aikayksikössä eli $P = \frac{E}{t}$. Energialle E saadaan lauseke $E = Pt$. Sähköenergian määrä kilowattitunteina (kWh) saadaan siis kertomalla teho ajalla, kun laitteen tehon yksikkö on kW ja ajan yksikkö h.

Käytetyn sähköenergian hinta saadaan, kun tiedetään, kuinka paljon yksi kilowattitunti maksaa.

Kodinkoneiden sähköenergian kulutus

Laite	Sähköenergian kulutus
Jääkaappi	0,9 kWh/vrk
Jääkaappi-pakastin	1,7 kWh/vrk
Pyykinpesukone	0,8–2,2 kWh/kerta
Mikroaaltouuni	1,2 kW
Televisio	0,05 kW
Tietokone	0,2 kW

Esimerkki 11 Tietokonetta pidettiin joka päivä käynnissä keskimäärin 5 tuntia Kuinka paljon koneen sähköenergia maksoi vuodessa, kun 1 kWh maksaa 0,10 euroa? Tietokoneen teho on 0,2 kW.

Ratkaisu: Käyttöaika on nyt $t = 5\ \text{h} \cdot 365 = 1\ 825\ \text{h}$.

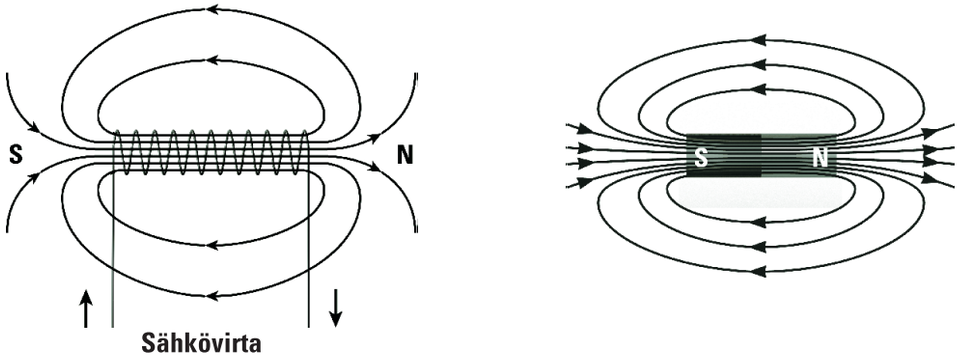
Energia taas on $E = Pt = 0{,}2\ \text{kW} \cdot 1\ 825\ \text{h} = 365\ \text{kWh}$.

Hinta on siis $365\ \text{kWh} \cdot \frac{0{,}10\ €}{\text{kWh}} = 36{,}50\ € \approx 37\ €$.

Vastaus: Tietokoneen käyttö maksoi vuodessa **noin 37 euroa**.

Sähkövirta synnyttää sähkömagneetin

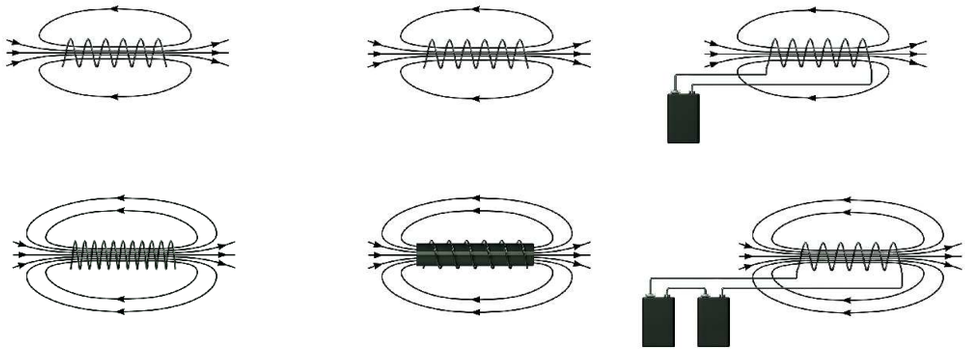
Sähkö- ja magneetti-ilmiöt liittyvät monella tavalla toisiinsa. Kun virtajohtimessa on sähkövirta, se vaikuttaa vieressä olevaan magneettiin. Tämä osoittaa, että virtajohdin synnyttää magneettikentän.



Sähkömagneetin ja kestomagneetin magneettikentät ovat samankaltaiset.

Sähkömagneetti saadaan, kun virtajohtoa kääritään käämiksi. Sähkömagneetti on sitä voimakkaampi, mitä suurempi sähkövirta siinä on ja mitä enemmän siinä on johdinkierroksia. Sähkömagneettia vahvistaa vielä, jos käämin sisään laitetaan rautakappale.

Koska sähkömagneetin sähkövirtaa on helppo säädellä ja siten muuttaa sähkömagneetin voimakkuutta, ilmiöllä on monia käytännön sovelluksia.



Käämin magneettisuus kasvaa, kun käämin ***kierroksia lisätään***.

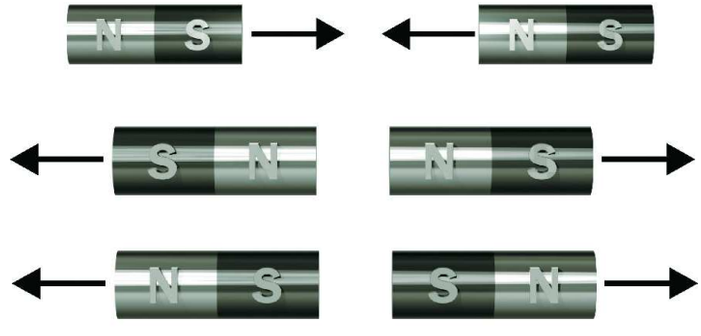
Rautasydän vahvistaa sähkömagneettia.

Sähkömagneetti on voimakkaampi, jos käämissä on ***suurempi sähkövirta***.

Käämin magneettisuus riippuu kierrosten lukumäärästä, rautasydämestä ja sähkövirrasta.

Kestomagneetin voimakkuutta ei voi muuttaa

Tavallisen kestomagneetin magneettisuus voidaan selittää atomaarisilla sähkövirroilla. Koska elektronit kiertävät atomeissa, niiden liike synnyttää atomaarisen magneetin, kuten sähkövirta synnyttää käämin magneettiset ominaisuudet. Kun kestomagneetin atomaariset magneettiset alueet ovat samansuuntaisia, siitä tulee magneetti.



Magneetilla on kaksi napaa. Kun erinimiset navat ovat vastakkain, magneetit vetävät toisiaan puoleensa. Vastaavasti kun samannimiset navat ovat vastakkain, magneetit hylkivät toisiaan.

Sähkölaitteen lataus ilman johtoja

Matkapuhelimet, tietokoneet, mp3-soittimet ja muut vastaavat laitteet tarvitsevat toimintaansa sähköä, jonka ne saavat akuistaan. Akkuja pitää ladata ja lataukseen tarvitaan latureita. Kotona ja työpaikoilla saattaa olla kasoittain erilaisia latureita eri laitteita varten. Jotta päästäisiin eroon latureista ja latureiden johtosotkuista, on kehitetty niin sanottuja latauspöytiä. Laite vain asetetaan pöydälle, ja se latautuu siinä kuin itsestään. Lataus ei kuitenkaan ole mitään mystiikkaa, vaan siinä sovelletaan induktioilmiötä. Pöydässä oleva lähetin tuottaa muuttuvan magneettikentän, ja laitteessa olevaan johdinsilmukkaan syntyy sähkövirta, joka lataa laitteen akun.

Vastaavalla tavalla ladataan sähköhammasharjat. Sähköhammasharjan pöytäkappaleessa on lähetin ja käsiosassa vastaanotin.

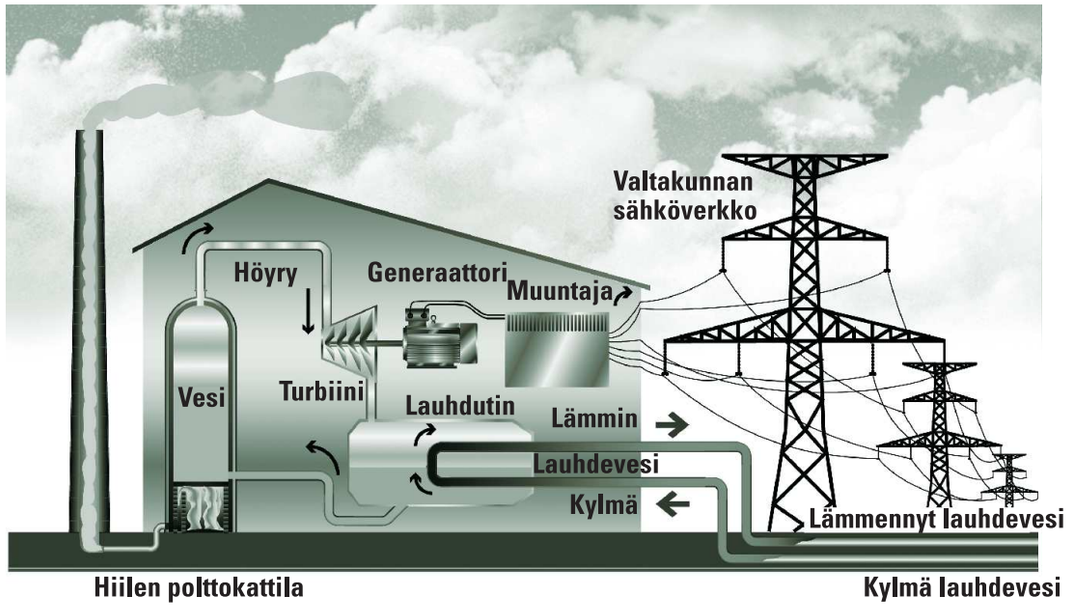
Muuttuva magneettikenttä synnyttää jännitteen

Nyky-yhteiskunta ei tulisi toimeen ilman sähköä. Aivan pientä murto-osaa lukuun ottamatta kaikki käyttämämme sähkö tuotetaan voimalaitoksissa generaattoreilla. Generaattorissa synnytetään jännite ja sähkövirta siten, että käämi pyörii magneettikentässä. Sanotaan, että käämiin indusoituu sähköjännite.

Induktio
Muuttuva magneettikenttä indusoi (synnyttää) virtakäämiin jännitteen ja sähkövirran.

Generaattorissa indusoituva jännite ei ole vakio. Generaattori ei tuota tasajännitettä vaan vaihtojännitettä. Suomessa sähköverkossa vaihtojännitteen taajuus on 50 Hz.

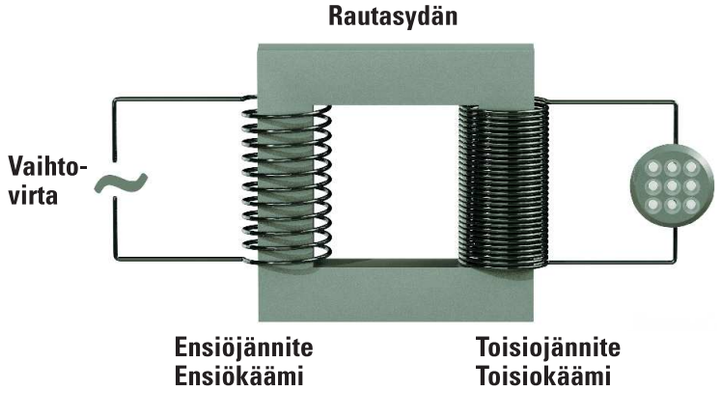
Vesivoimalaitoksessa generaattorin käämiä pyörittää turbiinin läpi virtaava vesi ja tuulivoimalaitoksessa tuuli. Lämpövoimalaitoksissa turbiinia pyörittää kuuma höyry. Höyryä syntyy, kun vettä keitetään hiiltä, öljyä, maakaasua, turvetta tai haketta polttamalla. Lämpövoimalaitoksen lauhdevettä voidaan käyttää esimerkiksi kaukolämpövetenä.



Lämpövoimalaitoksessa polttoaineeseen sitoutunut kemiallinen energia muutetaan sähköenergiaksi.

Muuntaja muuntaa vaihtojännitettä

Induktioilmiön tärkeä sovellus on muuntaja. Muuntajassa on kaksi toisistaan eristettyä käämiä: niin sanottu ensiökäämi ja toisiokäämi. Käämien läpi kulkee yhteinen rautasydän.



Muuntaja toimii vain vaihtojännitteellä.

Muuntajan toiminta perustuu induktioilmiöön. Kun ensiökäämissä on vaihtovirta, se synnyttää ympärilleen magneettikentän. Koska sähkövirta muuttuu (vaihtovirta), myös magneettikenttä muuttuu ajan kuluessa. Yhteinen rautasydän ohjaa muuttuvan magneettikentän toisiokäämin sisälle. Kun magneettikenttä toisiokäämissä muuttuu, siihen indusoituu jännite.

Koska sähkömagneetin voimakkuus riippuu magneetin kierrosten määrästä, muuntajan ensiöpuolen magneettikenttä riippuu ensiöpuolen kierrosten määrästä. Vastaavasti toisiopuoleen indusoitunut sähkövirta riippuu toisiopuolen käämin kierrosten määrästä. Tästä seuraa, että muuntajan sähkövirran ja jännitteen muunto-ominaisuudet riippuvat sekä ensiö- että toisiopuolen kierrosten lukumäärästä.

Muuntaja muuntaa ensiökäämin jännitettä käämien kierroslukujen suhteessa: jos toisiopuolella on enemmän kierroksia kuin ensiöpuolella, toisiopuolen jännite on suurempi kuin ensiöpuolen jännite.

Muuntaja muuntaa ensiökäämin sähkövirtaa kääntäen verrannollisesti käämien kierroslukuihin. Jos toisiopuolella on enemmän kierroksia kuin ensiöpuolella, toisiopuolen sähkövirta on pienempi kuin ensiöpuolen sähkövirta.

Pistehitsaus perustuu vastushitsaukseen

Pistehitsauksessa asetetaan esimerkiksi ohutlevyjä päällekkäin tai limittäin ja niitä puristetaan toisiaan vasten sähköä johtavilla elektrodeilla. Puristuksen aikana elektrodeille syötetään virtapulssi, joka kuumentaa liitettävien kappaleiden rajapinnat. Rajapinnalla sähkövastus on suurin, jolloin syntyy riittävästi lämpöä ja kappaleet alkavat sulaa. Kun virransyöttö lakkaa, sula linssi alkaa jäähtyä ja jähmettyy hitsiksi.

Pistehitsausta käytetään muun muassa autonkorien kokoamisessa, jossa liitetään yhteen alle 3 mm:n paksuisia ohutlevyjä. Pistehitsauslaitteet voivat olla manuaalisia tai täysin automatisoituja robotteja.

Hitsattavat osat pitää puhdistaa hyvin öljystä ja muusta liasta, ja hitsauskohta kannattaa merkitä vasta sen jälkeen. Hitsausaika säädetään hitsauskoneesta kappaleiden paksuuden mukaan laitteen valmistajan suositusten mukaisesti. Hitsauksen jälkeen on muistettava, että hitsauskohta on hyvin kuuma.

Sähkö voi aiheuttaa vaaran

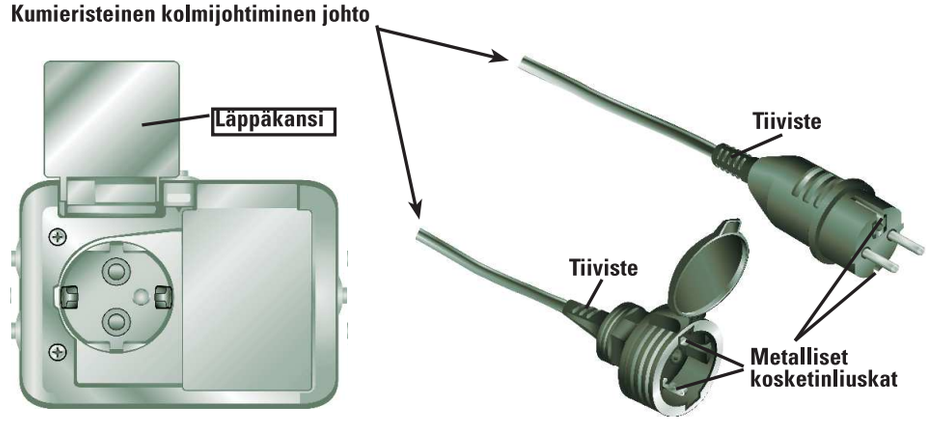
Sekä työpaikoilla että kotona on muistettava, että sähköasennuksia ja sähkölaitteiden korjauksia saavat tehdä vain alan ammattilaiset.

Myös sähkölaitteiden käytössä pitää muistaa sähköturvallisuus. Sähkölaitteet kytketään asianmukaisesti niille sopiviin jännitelähteisiin ehjillä sähköjohtimilla. Jos työpaikalla on kosteutta, täytyy olla erityisen huolellinen, jotta ei saa sähköiskua.

Ulkona käytettävien sähkölaitteiden on aina oltava suojaeristettyjä, suojamaadoitettuja tai suojajännitekäyttöisiä. Ulkokäyttöön tarkoitetun sähkölaitteen koteloinnin on myös oltava vesitiivis. Sähkölaitteen koteloinnin tiiveyden ilmoittaa laitteen kuoressa oleva kotelointiluokkamerkintä.

Laitteiden kotelointiluokat

IP-tunnus	Selitys
IP 21	tippuvedenpitävä
IP 23 tai IP 43	sateenpitävä
IP 34 tai IP 44	roiskevedenpitävä
IP 67	vedenpitävä



Ulkotiloissa on käytettävä roiskevedenpitäviä jatkojohtoja, joissa on tunnus IP 34.

Laitteiden suojaukset

Peruseristys

Vanhanmallisella pistotulpalla liitettävässä laitteessa on peruseristys, joka suojaa käyttäjää laitteen jännitteisiltä osilta. Vikatilanteessa laitteen kuori voi tulla jännitteiseksi.

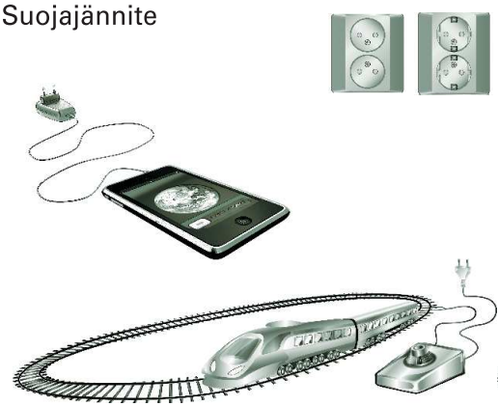
Suojamaadoitus

Sähkölaitteen kosketeltavat metalliosat on kytketty suojajohtimen kautta maadoitukseen. Kun laite on kytketty suojamaadoitettuun pistorasiaan, vikatilanteessa (esim. eristyksen rikkoutuessa) vikavirta kulkee suojajohtimen kautta. Tällöin sulake laukeaa eikä laite ole enää jännitteellinen.

Suojaeristys ⧈

Suojaeristetyssä laitteessa on lisäeristys, joka estää jännitteen pääsyn kosketeltavissa oleviin osiin, Suojaeristetyn laitteessa on merkintä ⧈.

Suojajännite



Suojajännitteisen laitteen jännite ei aiheuta hengenvaarallista sähköiskua. Suojajännite saadaan aikaan erillisellä suojamuuntajalla.

Vältä sähkön aiheuttamat vaarat

Sähkölaitteita käytettäessä pitää muistaa sähköturvallisuus. Sähkölaitteet pitää kytkeä asianmukaisesti niille sopiviin jännitelähteisiin ehjillä sähköjohtimilla. Jos työpaikalla on kosteutta, sähköiskujen välttämisessä tulee olla erityisen huolellinen.

Ulkona käytettävien sähkölaitteiden on aina oltava suojaeristettyjä, suojamaadoitettuja tai suojajännitekäyttöisiä. Ulkokäyttöön tarkoitetun sähkölaitteen koteloinnin on myös oltava vesitiivis. Sähkölaitteen koteloinnin tiiviys käy ilmi laitteen kuoressa olevasta kotelointiluokkamerkinnästä.

Sähkölaitteen arvokilvessä on käyttäjälle tärkeitä tietoja, muun muassa tieto jännitteestä, sähkövirrasta, tehosta, IP-kotelointiluokkatunnus ja tietoja laitteen suojauksesta.

Tiivistelmä

- Sähkövirta metallijohtimissa on elektronien liikettä.
- Jännite kuvaa pariston napojen välistä varaustilan eroa.
- Sähköteho tarkoittaa aikayksikössä siirtyvää sähköenergiaa.
- Hyötysuhde lasketaan käyttöön saadun energian ja otetun energian suhteena.
- Kun virtajohtimessa on sähkövirta, se vaikuttaa vieressä olevaan magneettiin.
- Muuttuva magneettikenttä indusoi virtakäämiin jännitteen ja sähkövirran.
- Muuntaja muuntaa ensiökäämin jännitettä käämien kierroslukujen suhteessa.

Tehtäviä

3.1 a) Yhdistä suure ja yksikkö viivoilla.

Suure	Yksikkö
Sähkövirta	W
Jännite	A
Teho	V

b) Yhdistä suure ja tunnus viivoilla.

Suure	Tunnus
Sähkövirta	*I*
Jännite	*P*
Teho	*U*

3.2 Yhdistä sanat lauseiksi ja kirjoita ne vastausviivoille.

Sähkövirta	suuruuteen	varausten	jännite.
Tehon	on	vaikuttaa	suuruuteen.
Resistanssi	vaikuttaa	sähkövirran	liikettä.

3.3 Onko väite tosi? Korjaa väärät väittämät.

a) Sähkövirran yksikkö on ampeeri.

b) Resistanssi saadaan jakamalla sähkövirta jännitteellä.

c) Sähkön tehoon vaikuttaa komponentin sähkövirta.

d) Muuntajan toiminta perustuu induktioon.

3.4 Täydennä lauseet sanoilla: ”teho”, ”kertomalla”, ”jännite”, ”sähkövirta” ja ”resistanssi”.

a) Tehon suuruuteen vaikuttaa _____

b) Jos jännite on 10 V ja _____ 1 A, _____ on 10 ohmia.

c) _____ saadaan _____ jännite ja sähkövirta.

3.5 Mainitse tilanteita, joissa olet havainnut hankaussähköä.

_____

3.6 a) Miten virtamittari kytketään?

_____

_____

_____

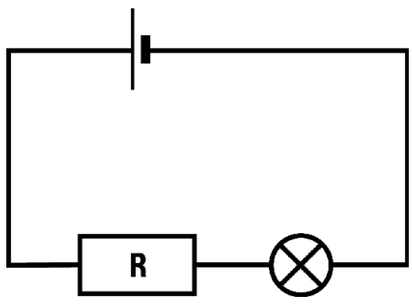
b) Miten jännitemittari kytketään?

_____

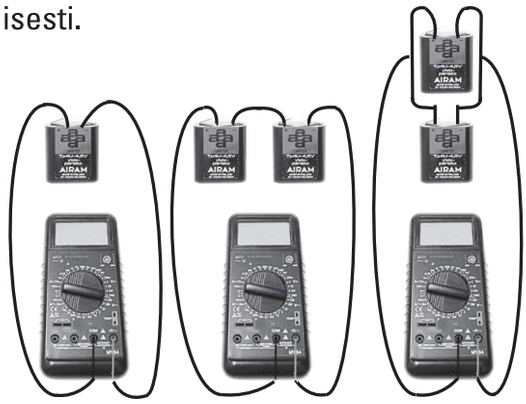
_____

_____

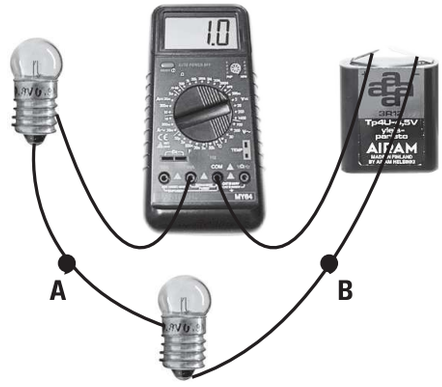
c) Jäljennä oheinen piirikuva. Täydennä kuvaan virtamittari mittaamaan sähkövirtaa vastuksessa ja jännitemittari mittaamaan vastuksen jännitettä.



3.7 Samanlaisia paristoja kytkettiin alla olevien kuvien mukaisesti. Missä tilanteessa jännitemittari näyttää suurinta arvoa?



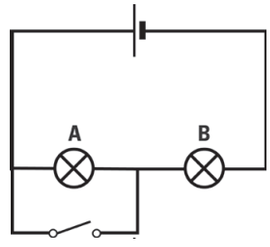
3.8 Kuvan tilanteessa virtamittari näyttää lukemaa 1,0 A. Mitä arvoa virtamittari likimäärin näyttäisi, jos se siirrettäisiin kohtaan A tai B?



3.9 Suljet oheisen piirin kytkimen.

a) Mitä tapahtuu lampun A kirkkaudelle?

b) Mitä tapahtuu lampun B kirkkaudelle?



3.10 Käytettävissä on kaksi AA-sormiparistoa (jännite 1,5 V), polttimo, johtimia, virtamittari ja jännitemittari.

a) Piirrä kytkentäkaavio, jossa paristot on kytketty sarjaan ja polttimo paristojen kanssa sarjaan. Piirrä lisäksi virtamittari mittaamaan polttimon virtaa ja jännitemittari polttimon jännitettä.

b) Kuinka suuri on jännitemittarin lukema likimäärin?

c) Miksei virtamittarin lukemaa voi päätellä?

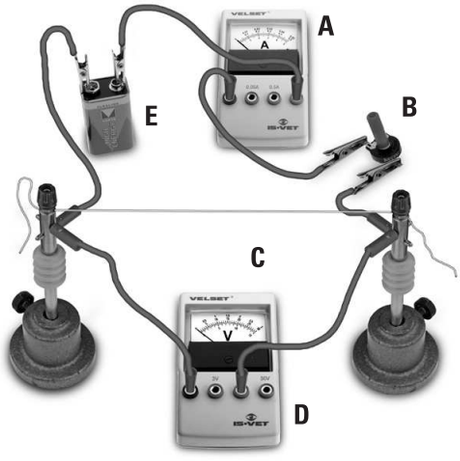
3.11 Käytettävissä on neljä AA-sormiparistoa. Piirrä kytkentäkaavio näiden paristojen kytkennästä, jossa kokonaisjännite on a) 4,5 V, b) 6,0 V ja c) 1,5 V.

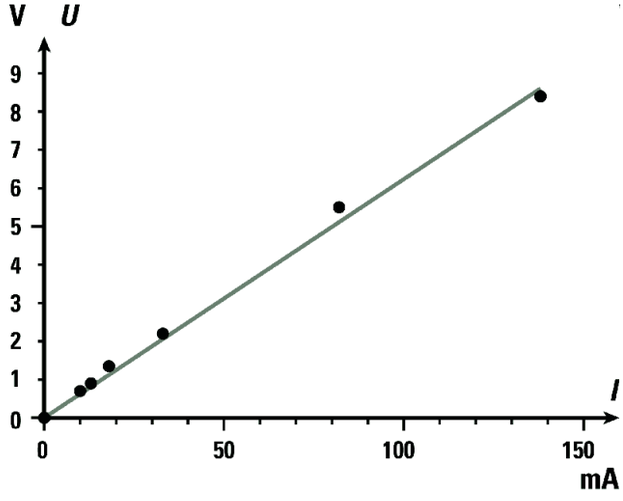
3.12 Sähkölämmittimen vastus on 50 Ω. Kuinka suuri sähkövirta on vastuksessa, kun lämmitin kytketään 230 V:n jännitteeseen?

3.13 Kuinka suuri jännite on kytkettävä 300 Ω:n vastukseen, jotta siinä olisi 0,2 A:n sähkövirta?

3.14 Lämmitinvastus kytketään 230 V:n jännitteeseen. Kuinka suuri on sen resistanssi, jos siinä on 3,2 A:n sähkövirta?

3.15 Kuva esittää mittausjärjestelyä, jossa tutkittiin metallisen johtimen sähkövirran riippuvuutta jännitteestä.





a) Nimeä koelaitteiston osat A, B, C, D ja E.

Kuvaaja esittää mittaustuloksia. Vastaa kuvaajan perusteella seuraaviin kysymyksiin:

b) Kuinka suuri jännite oli, kun sähkövirta oli 50 mA? Kuinka suuri resistanssi tällöin oli?

c) Kuinka suuri sähkövirta oli, kun jännite oli 7,0 V? Kuinka suuri resistanssi tällöin oli?

d) Miten jännite ja sähkövirta riippuvat toisistaan?

3.16 Oheinen taulukko esittää resistanssimittausta.
Osa mittaustuloksista on hävinnyt. Päättele niiden arvot.

U(V)	I(A)	R(Ω)
2	0,01	200
4		200
	0,03	200
1		200

3.17 Kuinka suuri sähkövirta on 9,0 V:n jännitteeseen kytketyssä polttimossa, jos sen teho on 10,2 W?

3.18 Kuinka suuri resistanssi on kiukaassa, jos sen teho on 3,5 kW? Kiuas kytketään 230 V:n jännitteeseen.

3.19 Onko väite tosi? Korjaa väärät väitteet.

a) Komponentin resistanssi saadaan kertomalla jännite ja sähkövirta.

b) Sähkömagneetin voimakkuus kasvaa, kun sähkövirta kasvaa.

c) Laitteen teho saadaan yhtälöstä $P = UI$, jossa U on jännite ja I resistanssi.

d) Sähköenergian yksikkö on kWh.

3.20 Täydennä taulukko.

Suure	Suureen tunnus	Yksikkö	Yksikön lyhenne
Sähkövaraus			
	I		
		voltti	
			Ω
Teho			
		kilowattitunti	

3.21 a) Mitä tarkoittaa induktio?

b) Missä sitä sovelletaan?

3.22 Onko väite tosi? Perustele.

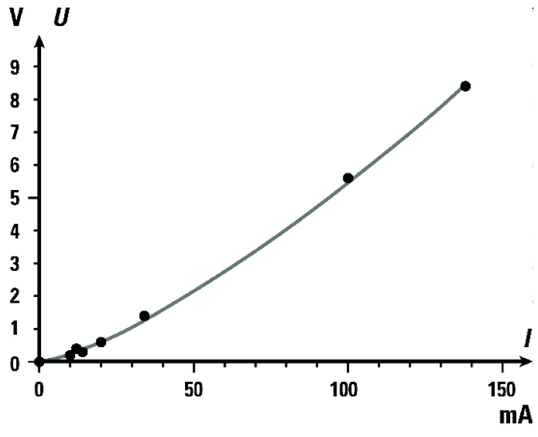
a) Muuntaja muuntaa vaihtojännitteen tasajännitteeksi.

b) Muuntajan ensiöpuolen jännite on kaksi kertaa niin suuri kuin toisiopuolen jännite.

c) Puhelimen laturissa on muuntaja.

3.23 Millaisissa tilanteissa saattaa syntyä sähkötapaturman vaara? Miten vaaralta voidaan estyä kyseisessä tilanteessa?

3.24 Kuva esittää mittausjärjestelyä, jossa tutkittiin hehkulampun sähkövirran riippuvuutta jännitteestä.



Kuvaaja esittää mittaustuloksia. Vastaa kuvaajan perusteella,

a) kuinka suuri jännite oli, kun sähkövirta oli 50 mA. Kuinka suuri resistanssi tällöin oli?

b) kuinka suuri sähkövirta oli, kun jännite oli 7,0 V. Kuinka suuri resistanssi tällöin oli?

c) miten jännite ja sähkövirta riippuvat toisistaan.

3.25 Auton lohkolämmittimen teho on 1 000 W. Lämmitintä käytetään lokakuun alusta maaliskuun loppuun joka päivä 2 h. Kuinka paljon lämmitys maksaa, kun sähköenergian hinta on 0,10 €/kWh?

3.26 Jääkaappi kuluttaa keskimäärin 0,9 kWh vuorokaudessa. Kuinka paljon sen käyttö maksaa vuodessa, kun sähköenergian hinta on 0,10 €/kWh?

3.27 Grillijuhlissa tarvittiin mahdollisimman monta grilliä yhtä aikaa. Kuinka monta 2 000 W:n grilliä voitiin kytkeä pistorasiaan, jossa oli 16 A:n sulake. Käyttöjännite on 230 V.

3.28 Opiskelija silitti vaatteitaan ja kuunteli samalla radiota. Silitysrauta ja radio oli kytketty samaan pistorasiaan. Radion sähkövirta oli 0,7 A ja silitysraudan 3,5 A.

a) Laske laitteiden tehot. Pistorasiassa oli 230 V:n jännite.

b) Kuinka suuri sähkövirta pistorasiassa on?

c) Kuinka suuria laitteiden resistanssit ovat?

3.29 Hiustenkuivaimen teho on 1 000 W.

a) Kuinka paljon sähköenergiaa kuluu, kun hiustenkuivainta käytetään 5 minuuttia?

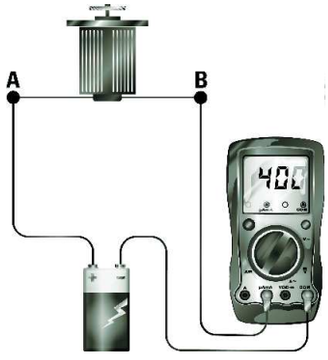
b) Kuinka paljon kuivaus maksaa, jos 1 kWh:n hinta on 12 senttiä.

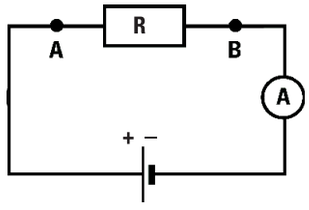
3.30 Lieden keittolevyn teho on 1 500 W. Puuroa keitetään kymmenen minuuttia. Kuinka paljon lämpöenergiaa siirtyy puuroon, jos hyötysuhde on 67 %?

3.31 Pohdi, mitä käytännön sovelluksia sähkömagneeteilla on.

TUTKIMUSTEHTÄVÄT

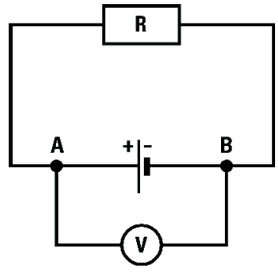
3.32 Mitataan yleismittarilla sähkövirtoja.

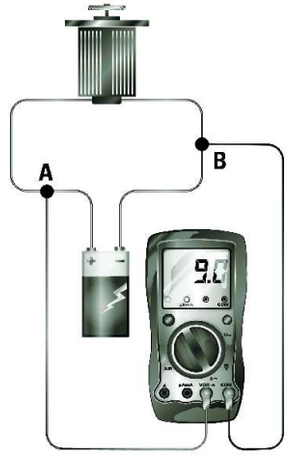




Rakenna kuvan mukainen kytkentä jännitelähteestä ja polttimosta. Piirin sähkövirta saadaan mitatuksi, kun virtamittari kytketään sarjaan polttimon kanssa. Muuta jännitettä ja tarkastele virtamittarin lukemaa.

3.33 Mitataan yleismittarilla jännitteitä. Kytke yleismittari jännitelähteeseen rinnan. Mittaa jännite.



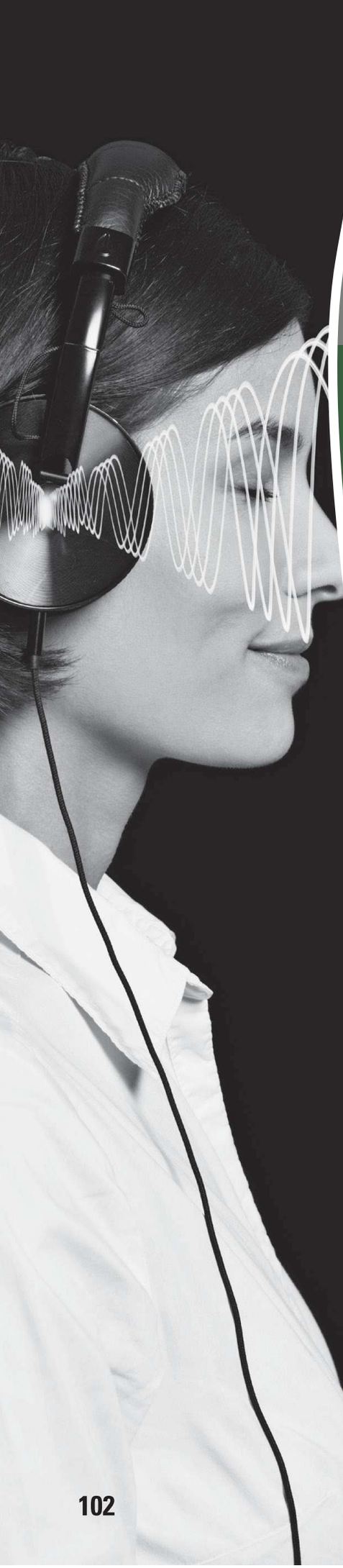


3.34 Mittaa tehomittarilla eri laitteiden tehoja. Jos laite ilmoittaa myös sähkövirran ja jännitteen, mittaa myös ne. Vertaa laskettua tehoa mitattuun tehoon.

TIEDONHAKUTEHTÄVÄT

3.35 Etsi esimerkiksi internetistä tietoa siitä, mitä sähkölaitteiden korjaus- ja asennustöitä laitteen käyttäjä (ei-ammattilainen) saa tehdä.

3.36 Etsi internetistä tietoa sähkömoottorin toiminnasta.



- Miksi äänen kuuleminen on tärkeää työmaalla ja liikenteessä?
- Miten ääni palvelee tiedonkulussa?
- Miten kuulovaurio voi syntyä?

4 Ääni on aaltoliikettä

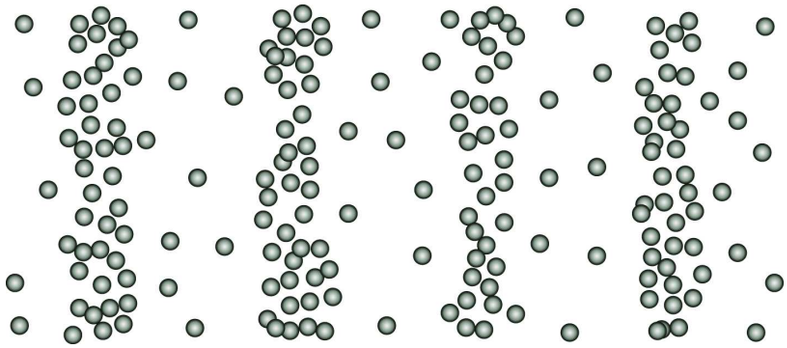
Ihminen voi sulkea silmänsä, mutta hänen korvansa pysyvät aina auki, jopa nukkuessa. Tämä palvelee ihmisen turvallisuuden tarvetta kiinnittämällä huomiota mahdollisiin uhkiin.

Äänen, puheen ja puheviestinnän merkitys yhteiskunnassa on jatkuvasti korostunut. Puhe on tärkeä yhteiskunnallisen vuorovaikutuksen väline. Puheammattien määrä on kaiken aikaa lisääntynyt siinä missä ruumiillisen työn määrä on vähentynyt. Puheviestintä perustuu aina äänenkäyttöön, joka on langattoman viestinnän ja tiedonsiirron perusta opetustilanteissa, kuulutuksissa ja kasvokkain puhumisessa. Nykyään äänen tuottamiseen käytetään yhä enemmän elektronisia laitteita, joista värähtely siirretään kaiuttimien välityksellä ilmaan.

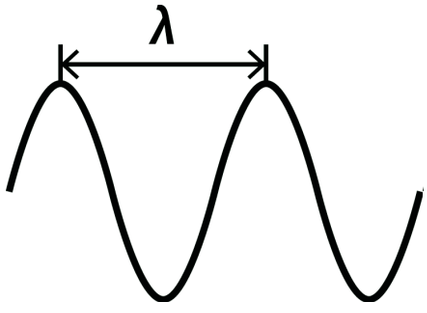
Ääniaallot ovat paineen vaihteluita

Värähtelevä esine, kuten kitaran kieli, pakottaa ympärillään olevan ilman värähtelemään. Ilmassa värähtely siirtyy ympäröivään ilmaan, joka tiivistyy ja harvenee, ja tiivistymät etenevät ilmassa. Tihentymän kohdalla on suurempi paine kuin harventuman. Tietyssä paikassa paine siis kasvaa ja pienenee, kun värähtely etenee. Äänen eteneminen on vastaava ilmiö kuin aallon eteneminen veden pinnalla. Kun aalto etenee järven pinnalla, veden pinta nousee ja laskee. Vastaavalla tavalla äänen edetessä paine kasvaa ja pienenee. Ääni voidaan yksinkertaisesti ymmärtää ilmassa eteneväksi paineaalloksi.

Kun aaltoliike osuu korvaan, kuulemme sen äänenä. Äänen aistiminen perustuu äänilähteen synnyttämään ilman värähtelyyn ja ilmanpaineen vaihteluun. Ne saavat korvan tärykalvon värähtelemään. Värähtely siirtyy kuuloluita pitkin korvan simpukkaan, josta välittyy tieto aivoihin, joissa se aistitaan äänenä.



Ilmamolekyylien tihentymät ja harventumat



Ääni on aaltoliikettä. Tihentymän kohdalla on ääniaallon harja. Kahden harjan välimatka on aallonpituus.

Aallonpituus eli lambda on kahden peräkkäisen aallon harjan väli eli kahden painetihentymän väli.

Äänen voimakkuutta mitataan desibeleinä

Äänen mukana siirtyy energiaa, kun ilma tai muu väliaine värähtelee. Mitä enemmän energiaa siirtyy, sitä kovempana ääni kuullaan ja sitä voimakkaammalta se tuntuu. Äänen voimakkuus kuvaa, miten kuuluvaksi vastaanottaja kokee sen. Äänen voimakkuuden yksikkö on desibeli (dB). Keskimäärin puheen voimakkuus keskustelussa on 60–70 dB, kun mittausetäisyys on 40 cm.

Äänen voimakkuuksia ei voi laskea yksinkertaisesti yhteen, mikä johtuu ihmisen korvan äänenaistimiskyvyn ominaisuuksista. Esimerkiksi kahden samanlaisen kaiuttimen tuottaman äänen voimakkuuden aistimus ei ole kaksinkertainen verrattuna yhden kaiuttimen äänenvoimakkuuden aistimukseen. Kahden samanlaisen kaiuttimen tuottama äänenvoimakkuus ei siis ole kaksinkertainen, vaan desibelilukema kasvaa vain kolme desibeliä.

Desibeliasteikko on laadittu siten, että äänen kaksinkertaistuminen (esim. kahden samanlaisen mopon ääni verrattuna yhden mopon ääneen) saa aikaan noin 3 dB:n äänenvoimakkuuden nousun. Äänen kymmenkertaistaminen saa aikaan noin 10 dB:n äänenvoimakkuuden kasvun.

Esimerkki desibelien yhteenlaskusta

Kaikki häiritsevä ääni on melua

Voimakas melu on häiritsevää ääntä, epämiellyttävää tai muulla tavoin terveydelle vahingollista. Se on yleisimpiä työperäisiä haittoja, jotka heikentävät työympäristön viihtyvyyttä ja laatua. Melun mittaamista koskevat vaatimukset kasvavatkin jatkuvasti.

Melun määrittäminen pelkästään fysikaalisesti eli mittaamalla on mahdotonta, koska melulle on ominaista nimenomaan sen häiritsevyys. Melussa voi esiintyä äänen kaikkia taajuuksia.

Äänien häiritsevyyteen vaikuttavat voimakkuuden ja muiden fysikaalisten ominaisuuksien lisäksi muun muassa kuulijan herkkyys, asennoituminen äänilähdettä kohtaan ja aikaisemmat kokemukset. Edes ääntä, joka saattaa vahingoittaa terveyttä, ei aina koeta häiritseväksi.

Äänen voimakkuutta mittaamalla voidaan kuitenkin määritellä alue, jolla ääni saa helposti elimistöä fyysisesti ja psyykkisesti rasittavia meluominaisuuksia. Melu vaikuttaa moniin elintoimintoihin, kuten verenpaineeseen, keskittymiskykyyn, uneen sekä sydämen lyöntien ja hengityksen tiheyteen.

Työpaikoilla on käytettävä kuulonsuojaimia, jos melutaso ylittää 80 dB. Kuvan työntekijä ei käytä asiallisia suojavälineitä. Mitä henkilökohtaisia suojavälineitä häneltä puuttuu?

Melu on terveysriski ja aiheuttaa ammattitauteja

Melu on merkittävä ammattitauteja aiheuttava tekijä. Sen aiheuttamien ammattitautien määrä oli vielä 1980-luvulla noin 2 000 tapausta vuodessa. Tapausten määrä on kuitenkin vähentynyt sen jälkeen tasaisesti alle tuhanteen vuodessa. Syynä tähän ovat melutyötä tekevien määrän väheneminen, automaation yleistyminen ja kuulonsuojauksen tehostuminen.

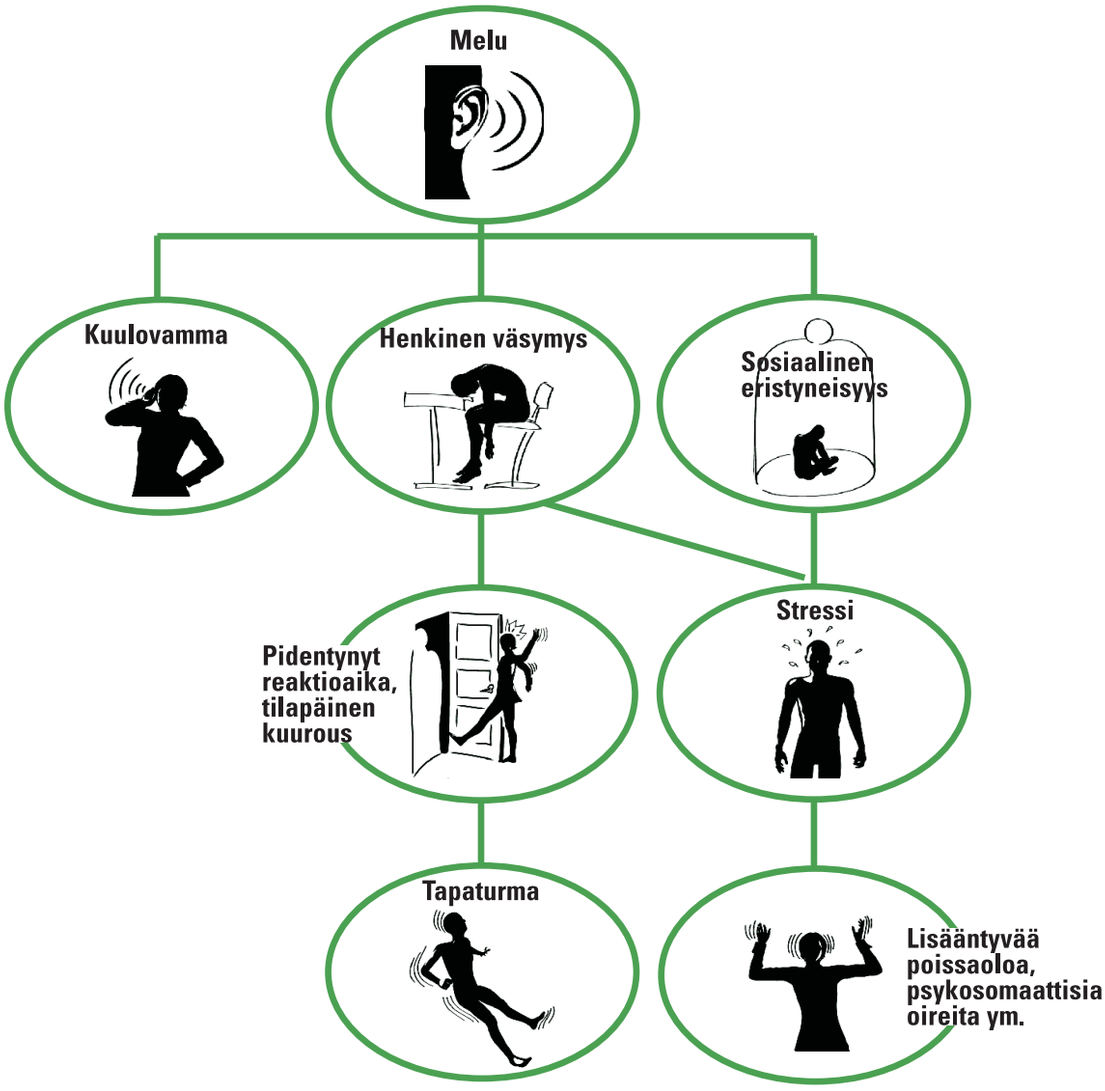
Jo hieman yli 80 dB:n ääni tai melu voi olla kuulolle vahingollista. Työntekijöillä pitääkin olla saatavilla henkilökohtaiset kuulosuojaimet. Työntekijän suurin sallittu melualtistus päivässä on 85 dB, mutta sitä kovemmalle melulle altistuu maassamme noin 190 000 työntekijää. Melulle altistuvat työssään eniten moottoriajoneuvojen ja työkoneiden asentajat ja korjaajat, paperin ja kartongin valmistajat sekä rakennusmiehet.

Melun vaikutuksia ihmisen terveyteen arvioidaan äänen voimakkuuden ja energiasisällön perusteella. Kuulovaurio voi ilmetä kuulon heikkenemänä, tinnituksena eli korvissa soivana vinkuvana tai suhisevana äänenä tai ääniyliherkkyytenä, jossa kaikki äänet tuntuvat häiritseviltä.

Iän myötä kaikkien kuulo heikkenee jossakin määrin. Myös melu aiheuttaa tutkimusten mukaan väsymystä ja stressiä, jotka voivat heikentää kuuloa.

Suurimmat sallitut päivittäiset oleskeluajat eri melutasoissa

Äänen voimakkuus enintään dB	Turvallinen melussaoloaika päivittäin
85	8 h
90	2,5 h
95	48 min
100	16 min
105	5 min
110	2 min
115	0 min



Melu aiheuttaa terveyshaittoja.

Sisäkorvan simpukassa on noin 20 000 uusiutumatonta, ääniaaltoja vastaanottavaa aistinkarvasolua. Jatkuva liiallinen melu saa aistinsolun väsymään ja viimein kuolemaan. Äkillinen kova äänenpaine voi tuhota kerralla suuren määrän aistinsoluja. Äkillisiä kuulovammoja syntyy esimerkiksi ammunnoissa ja rock-konserteissa.

Meluvammariski on verrannollinen melualtistuksen suuruuteen ja sen kestoon. Paineaalto voi saada aikaan repeämiä korvan kalvoissa ja aiheuttaa sisäkorvassa verenvuotoja. Meluvammariskille ovat luonteenomaisia suuret yksilölliset erot kuulon heikkenemisessä. Noin 10 % väestöstä on herkkää saamaan meluvamman ja noin 7 % väestöstä on erityisen vastustuskykyistä melun aiheuttamalle kuulovammalle.

Sorvi on tärinäeristetty lattiasta kumityynyin.

Tiivistelmä

- Aallonpituus on kahden peräkkäisen aallonharjan välinen etäisyys.
- Aalto ei kuljeta ainetta mukanaan.
- Taajuuden yksikkö on hertsi (Hz).
- Ääni on pitkittäistä aaltoliikettä, joka etenee väliaineessa ja saa korvan tärykalvon värähtelemään.
- Äänellä on korkeus ja voimakkuus. Korkeutta mitataan hertseinä ja voimakkuutta desibeleinä.
- Liian voimakkaat äänet voivat vaurioittaa kuuloa.
- Mitä suurempi värähtelijän taajuus on, sitä korkeampi on ääni.
- Ihmisen kuuloalue on 20–20 000 Hz.
- Ääni on keskeinen osa ihmisen kokemusmaailmasta.

Tehtäviä

4.1 Mitä kahta asiaa äänen syntyminen edellyttää?

4.2 Miksi ääni ei kuulu avaruudessa?

4.3 Mihin perustuu äänen vastaanottaminen?

4.4 Mitä tarkoitetaan äänen voimakkuudella?

4.5 Äänen nopeus ilmassa on noin 340 m/s. Kuinka kauaksi ukkosen ääni ehtii 8 sekunnissa?

4.6 Äänen nopeus vedessä on 1 500 m/s. Kalastaja löysi kalaparven kaikuluotaimella. Kuinka syvällä kalaparvi ui, kun kaikusignaali viipyi matkalla 0,020 sekuntia?

4.7 Etsi internetistä ääneen (desibeli, melu) sekä värähdys- ja aaltoliikkeeseen (mm. taajuus, pitkittäinen aaltoliike) liittyviä tehtäviä, videoita ja pelejä.

4.8 Mainitse soittimia, joiden ääni perustuu jännitettyihin kieliin.

a) Millä eri tavoilla niiden kieliä käsitellään äänen synnyttämiseksi?

b) Mihin äänen korkeuden vaihtelut perustuvat?

TIEDONHAKUTEHTÄVÄT

4.9 Etsi internetistä tietoa ja selvitä, miten ääneen perustuvia tutkimusmenetelmiä hyödynnetään lääketieteessä.

- Miten optinen kuitu toimii?
- Miten poliisin tutka mittaa auton nopeuden?
- Miksi energiansäästölamppu on aluksi himmeä?

5 Valolla nähdään ja mitataan

Tekniikassa ja jokapäiväisessä elämässä sovelletaan valo-oppia monella tavoin. Ihminen itsekin soveltaa sitä, sillä silmä on varsin hieno valo-opillinen laite. Voimme tarkentaa katseemme lähelle ja kauas, silmämme säätelevät automaattisesti niihin tulevan valon määrää ja pystymme erottamaan erilaisia värejä. Valon avulla voidaan mitata erilaisten prosessien nopeutta, liuosten väkevyyttä ja tuotteiden mahdollisia pintavikoja. Rakennustekniikassa etäisyys- ja kulmamittaukset perustuvat valon käyttöön.

Sopiva valon määrä eli sopiva valaistus on tärkeä työpaikoilla ja kotona. Huonossa valaistuksessa työturvallisuus saattaa vaarantua.

Monet kulutuselektroniikkalaitteet soveltavat valon fysikaalisia ominaisuuksia. Ledejä käytetään laitteissa ohjaukseen ja merkkivaloina, ja CD-levyn toiminta perustuu valon interferenssiin.

Valo ja aine vuorovaikuttavat

Valon kulkuun vaikuttaa aine, jossa se kulkee. Aineiden rajapinnoissa valo voi muun muassa heijastua tai taittua.

Rikkinäinen ikkunaruutu ei päästä valoa läpi siten kuin samasta materiaalista valmistettu ehjä lasi. Tasa-aineisessa aineessa valo kulkee suoraviivaisesti.

Tasa-aineisessa eli homogeenisessa aineessa valo kulkee suoraviivaisesti. Tätä valon ominaisuutta voidaan soveltaa etäisyysmittauksissa. Kun tunnetaan valon nopeus (tyhjiössä c = 300 000 km/s) ja mittauspisteiden välin kulkemiseen käytetty aika, voidaan laskea pisteiden välinen etäisyys.

Esimerkki 1 Tietyömaalla mitattiin kohteen etäisyyttä laserin avulla. Kohde oli 853 metrin etäisyydellä. Kuinka kauan laserilla kesti kulkea mittalaitteesta kohteeseen?

Ratkaisu: Valo kulkee nopeudella v = 300 000 km/s.
Matka s = 853 m = 0,853 km.

Aika saadaan yhtälöstä

$$t = \frac{s}{v} = \frac{0{,}853\ \text{km}}{300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}} = 0{,}000\,002\,84\ \text{s} = 2{,}84 \cdot 10^{-6}\ \text{s}.$$

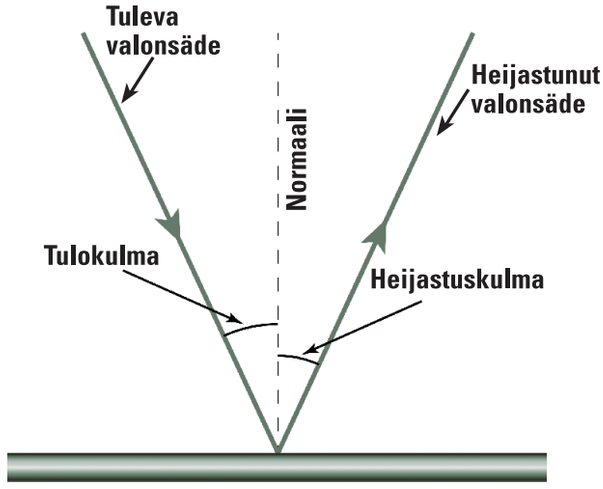
Vastaus: Aika on **$2{,}84 \cdot 10^{-6}$ sekuntia.**

Valo heijastuu aineiden rajapinnasta

Kun valo kohtaa aineen rajapinnan, se heijastuu tai taittuu.

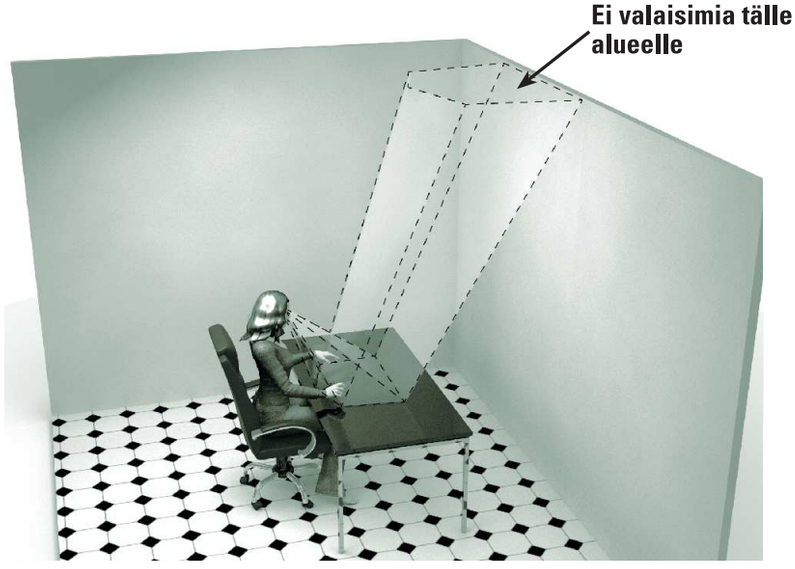
Tulokulma on tulevan valonsäteen ja heijastavan pinnan normaalin välinen kulma. Heijastuskulma on heijastuneen valonsäteen ja pinnan normaalin välinen kulma.

Heijastuslaki
Kun valo heijastuu, valon heijastuskulma on yhtä suuri kuin valon tulokulma.



Valon heijastuminen aineiden rajapinnasta

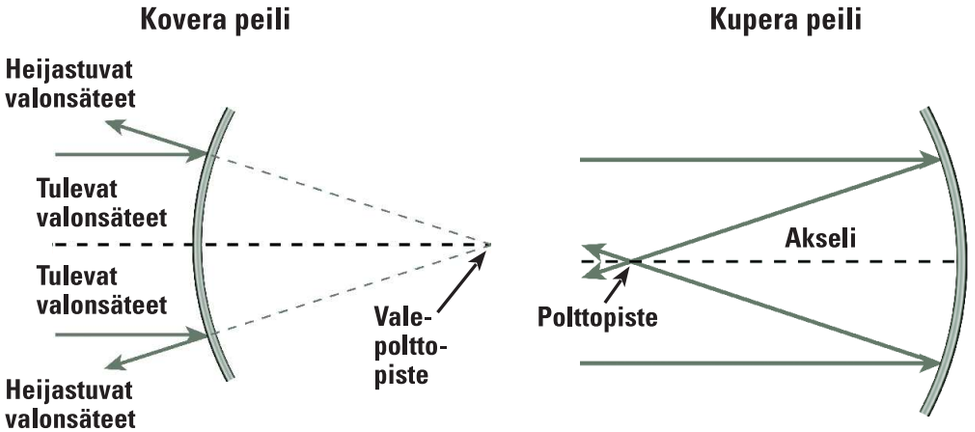
Valo heijastuu kaikista pinnoista. Peilit ovat tärkeitä laitteita, joissa heijastuslakia sovelletaan. Käyttötarkoituksen perusteella peilipinta on joko taso, kupera tai kovera. Pinnan muoto vaikuttaa peilistä heijastuvan valon suuntaan.



Ylimääräiset valon heijastukset tulisi hyvän työergonomian turvaamiseksi estää. Niin sanottu kiiltokuvastumisalue saadaan määritettyä valon heijastuslain mukaisesti. Valaisimia ei pitäisi asentaa kattoon alueelle, josta valo heijastuu silmiin.

Kovera peili kokoaa valoa

Valonsäteet heijastuvat koverasta peilistä heijastuslain mukaisesti. Koska peilin pinta ei ole suora vaan koverrettu, valonsäteet heijastuvat kohti polttopistettä. Koverassa peilissä nähtävän kuvan koko riippuu siitä, miten kaukana peili on esineestä. Lähellä oleva esine näyttää suurennetulta, eli peilistä katsottava kuva on suurempi kuin esine, josta kuva muodostuu.



Kovera peili kokoaa peiliin tulevat valonsäteet polttopisteeseen. Kupera peili taas hajottaa valoa.

Kupera peili hajottaa valoa

Koska kupera peili on ”pullistunut”, valonsäteet heijastuvat laajalle alueelle. Kupera peili hajottaa näin valoa. Kuperan peilin avulla nähdään suuri alue pienennettynä, koska peilistä heijastuu valoa silmiin laajalta alueelta. Kuperat peilit heijastavat valoa siten, että kuva on aina oikeinpäin ja pienentynyt. Tämän ominaisuuden vuoksi esimerkiksi myymälöissä käytetään kuperia peilejä valvontapeileinä.

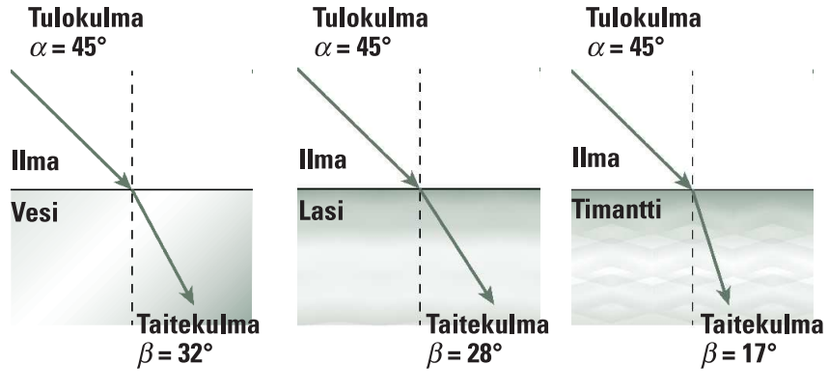
Autojen sivupeilit ovat kuperia, minkä ansiosta kuljettaja näkee peilin kuvassa koko tiealueen.

Valo taittuu aineiden rajapinnassa

Kun valo tulee vinosti ilmasta veden pintaan, osa valosta heijastuu takaisin ilmaan ja osa menee veteen. Tätä valon kulkusuunnan muutosta, jossa valo kulkee vinosti kahden aineen välisen pinnan läpi, kutsutaan valon taittumiseksi.

Taitekulma on taittuneen valonsäteen ja pinnan normaalin välinen kulma.

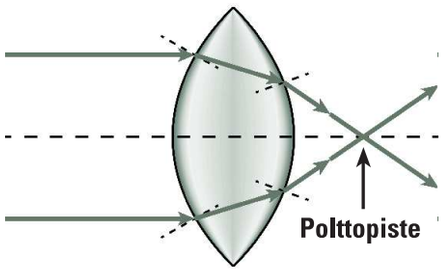
Kulkusuunnan muutos riippuu siitä, minkä aineiden välisessä pinnassa valo taittuu.



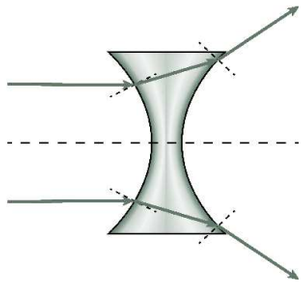
Valo taittuu enemmän ilman ja lasin pinnassa kuin ilman ja veden välisessä pinnassa. Ilman ja timantin välisessä pinnassa valo taittuu vielä enemmän.

Linsseillä ohjataan valoa

Linssit ovat valoa läpäiseviä lasi- tai muovikappaleita. Linssit on muotoiltu siten, että valo kulkee halutulla tavalla.



Jos valonsäteet tulevat linssin akselin suuntaisesti, kupera linssi kokoaa ne linssin takana olevaan polttopisteeseen.



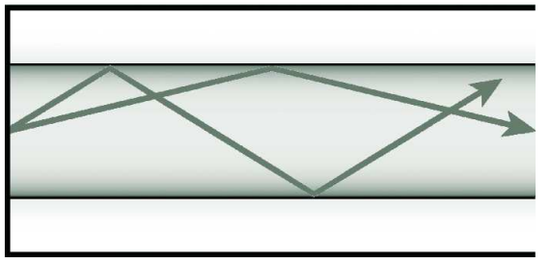
Kovera linssi hajottaa valoa.

Kupera linssi on keskeltä paksumpi kuin reunoilta, joten se kokoaa valoa. Valon kokoaminen seuraa siitä, että linssiin tuleva valo taittuu linssin pinnoissa. Kuperia linssejä käytetään monissa laitteissa muodostamaan kuvia. Esimerkiksi kameroissa, kiikareissa ja dataprojektoreissa on kuperia linssejä. Myös ihmisen silmissä on kupera linssi, joka muodostaa kuvan verkkokalvolle.

Kovera linssi on keskeltä ohuempi kuin reunoilta, joten se hajottaa valoa. Sekä koveria että kuperia linssejä käytetään silmälaseissa.

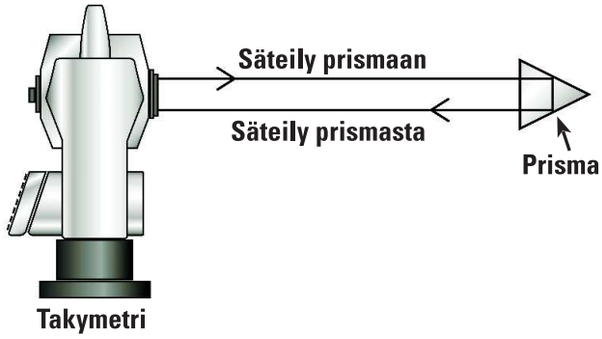
Kokonaisheijastus ohjaa valoa optisessa kuidussa

Kun valo tulee lasista ilmaan riittävän suuressa tulokulmassa, se ei enää taitukaan lasin ja ilman rajapinnassa vaan heijastuu takaisin lasiin. Tätä ilmiötä kutsutaan kokonaisheijastukseksi.



Kokonaisheijastusta sovelletaan optisissa kuiduissa. Kuitumateriaali on sellaista, että valo ”poukkoilee” kuidun ydinmateriaalissa.

Prisma on lasikappale, jossa valon suunta saadaan muutetuksi kokonaisheijastuksella. Prismoja käytetään optisten tähtäys- ja lukemalaitteiden rakenneosina sekä suoran ja oikokulman mittausvälineinä.



Takymetriä käytetään rakennustyömailla kulman- ja etäisyydenmittauksessa. Etäisyys määritetään takymetrin lähettämän infrapunaisen valon ja mittauspisteellä olevasta prismasta heijastuneen valon vertailun perusteella. Etäisyydenmittauksen tarkkuus on tyypillisesti 1–5 mm.

Riittävä valaistus on tarpeen

Lampun teho eli wattien (W) määrä kertoo, kuinka suuri on lampun sähkönkulutus. Teho ei kuitenkaan kerro suoraan, kuinka hyvin lamppu valaisee. Lampun tuottamaa valon määrää kuvaa suure valovirta. Valovirran yksikkö on luumen-arvo (lm). Hehkulampun, jonka teho on 60 W, valovirta on noin 700 luumenia.

Lamppujen valovirran ja tehon välillä ei ole aivan tarkkaa yhteyttä. Hehkulampun valovirran likiarvo saadaan, kun teho kerrotaan 20:llä. Energiansäästölampuille valovirta on noin 70 kertaa lampun teho. Ledeille valovirran ja tehon suhde on vielä suurempi, sillä 8 W:n lampun valovirta voi olla yli 1 000 lm.

Valovirta kuvaa sitä, kuinka paljon valoa lähtee lampusta. Lampusta lähtevän valon määrä on tietysti valaistuksen kannalta oleellista, mutta vielä tärkeämpää on saada työskentelyyn riittävä valaistus. Työskentelyn kannalta on oleellista, että työalueelle osuu riittävästi valoa. Valon määrää pinnalla kuvaa valaistusvoimakkuus, jonka yksikkö on luksi (lx).

Suositeltavia valaistusvoimakkuuksia

Valaistava kohde	Valaistusvoimakkuus (lx)
Ulkotyöalueiden yleisvalaistus	30
Eteiset, käytävät, varastot	150
Maalaamot, paperikonesalit	300
Toimistot, luokkahuoneet	500
Tarkkuutta vaativa toimistotyö	1 000
Mikroelektroniikan työt	2 000

Valaistuksen lisäksi työkohteen valaistuksessa tulee pyrkiä valaistuksen tasaisuuteen sekä työkohteessa että lähiympäristössä. Myös häiritsevä häikäisy ja kiilto pitää estää.

Erilaisten lamppujen ominaisuuksia

Lamppu	Ominaisuuksia
Loisteputki	Lampun energiatehokkuus on hyvä. Käyttöikä on pitkä, noin 6 000 tuntia.
Pienloistelamput (ns. energiansäästölamput)	Lampun energiatehokkuus on hyvä (60 W:n hehkulamppu voidaan korvata 11 W:n energiansäästölampulla). Pakkasella tarvitaan erikoislamppu. Lampun syttymisaika on pidempi kuin hehkulampun. Käytetty lamppu on ongelmajätettä (sisältää elohopeaa).
Halogeenilamppu	Värintoisto-ominaisuudet ovat hyvät. Lampun polttoikä on pitkä. Energiasta 95 % muuttuu lämmöksi.
Ledilamppu	Lamppu syttyy nopeasti. Lampun valaistustehokkuus on hyvä (suunnattuna 100 lx/W, vrt. energiansäästölamppu noin 10 lx/W ja hehkulamppu 2 lx/W).

Valaistuksen lisäksi työskentelyyn ja valaistussa tilassa oleskelun miellyttävyyteen vaikuttaa valon väri. Loistevalaisimet antavat usein kirkkaan ja sinisävyisen valon, kun taas hehkulampuista tulee kellertävä valo. Lampun valon väriä kuvaa sen värilämpötila, jonka yksikkö on kelvin (K). Lämpimän (kellertävän) valkoisen lampun värilämpötila on 2 700 K. Neutraalin valkoisen lampun värilämpötila taas on 4 000 K ja sinertävän lampun yli 4 000 K. Värilämpötila ilmoitetaan lamppujen pakkauksissa.

Tiivistelmä

- Valon kulkuun vaikuttaa aine, jossa valo kulkee. Aineiden rajapinnoissa valo voi heijastua tai taittua.
- Kun valo heijastuu, valon heijastuskulma on yhtä suuri kuin valon tulokulma.
- Valon taittumisessa valon kulkusuunnan muutos riippuu siitä, minkä aineiden välisessä pinnassa valo taittuu.
- Lampun valon määrää kuvaa suure valovirta, jonka yksikkö on luumen (lm).
- Valon määrää pinnalla kuvaa valaistusvoimakkuus, jonka yksikkö on luksi (lx).
- Lampun valon väriä kuvaa sen värilämpötila, jonka yksikkö on kelvin (K).

Tehtäviä

5.1 a) Yhdistä suure ja yksikkö viivoilla.

Suure	Yksikkö
valaistusvoimakkuus	K
värilämpötila	lm
valovirta	lx

5.2 Yhdistä sanat lauseiksi ja kirjoita ne vastausviivoille.

Valo	kuvaa	valon	rajapinnassa.
Kovera	heijastuu	aineiden	valoa.
Valovirta	peili	kokoaa	määrää.

5.3 Onko väite tosi? Korjaa väärät väittämät.

a) Valovirran yksikkö on watti.

b) Kovera peili kokoaa valoa.

c) Valo kokonaisheijastuu valokuidussa.

d) Kupera linssi kokoaa valoa.

5.4 Kuvaile työtilanteita, joissa valon heijastumisesta on haittaa. Miten häiritsevä heijastuminen voidaan estää?

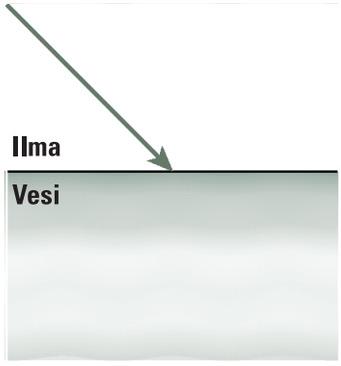
5.5 Piirrä, miten valo taittuu

a) ilman ja veden rajapinnassa

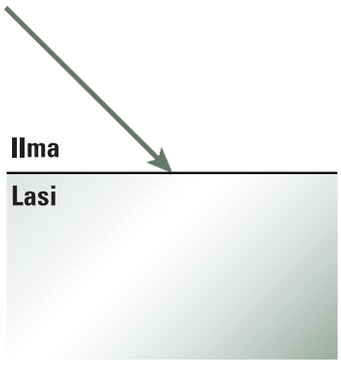
b) ilman ja lasin rajapinnassa

c) ilman ja timantin rajapinnassa.

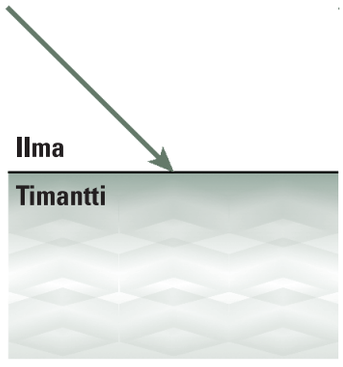
a)



b)



c)



5.6 Kuvaile lyhyesti seuraavia ilmiöitä:

a) valon taittuminen

b) valon kokonaisheijastus.

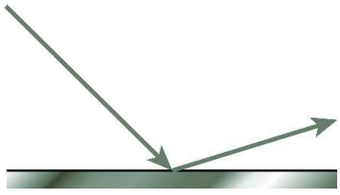
5.7 Mihin valon ominaisuuteen perustuvat seuraavat sovellukset:

a) valokaapeli

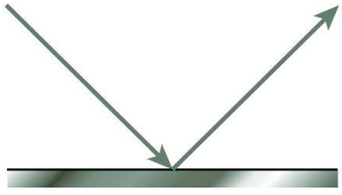
b) peili?

5.8 Missä kuvassa valon heijastuminen auton konepelliltä kuvataan oikein?

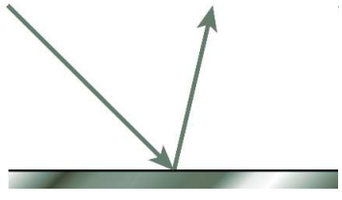
a)



b)

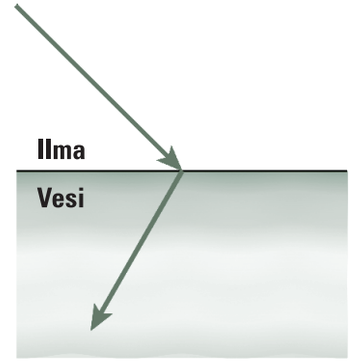


c)

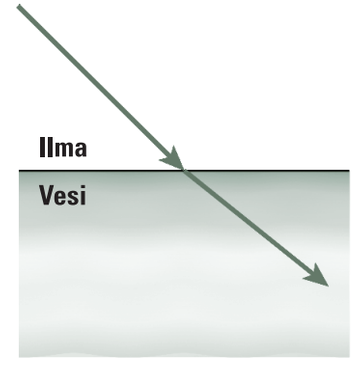


5.9 Missä kuvassa valon taittuminen ilman ja veden rajapinnassa kuvataan oikein? Perustele.

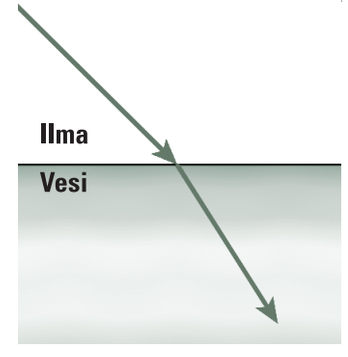
a)



b)



c)



5.10 Onko väite tosi? Korjaa väärät väitteet.

a) Kupera linssi taittaa valon polttopisteeseen.

b) Kovera peili hajottaa valoa.

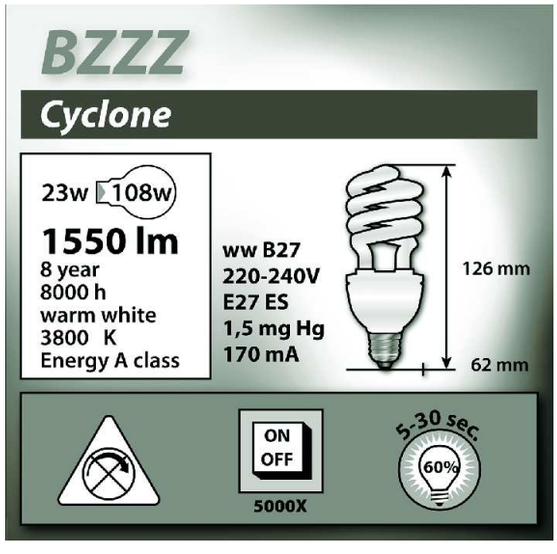
c) Valon kokonaisheijastus syntyy, kun valo tulee riittävän vinosti lasista ilmaan.

d) Öljyn väriläikät vedenpinnalla seuraavat valon polarisaatiosta.

5.11 Täydennä taulukko.

Ilmiö, asia	Sovellus
Valon heijastuminen	
	Prisma, takymetri

5.12 Mitä tietoja oheinen pakkaus kertoo lampusta?



5.13 a) Keksi esimerkkejä tilanteista, joissa huono valaistus voi olla työturvallisuusriski. Miten valaistusta voitaisiin kyseisissä tilanteissa parantaa?

b) Keksi esimerkkejä tilanteista, joissa liian kirkas valo tai häikäisy on työturvallisuusriski. Miten häikäisyä voitaisiin kyseisissä tilanteissa vähentää?

- Mistä aine rakentuu?
- Mistä ydin muodostuu?
- Mikä on pienin nykyisin tunnettu aineen rakenneosa?
- Mitä ytimille tapahtuu niiden hajotessa?

6 Aineen rakenne ja säteily

Aineen olemuksen pohtiminen on aina kiehtonut ihmiskuntaa. Aineen rakenteen tutkimus on ihmiskunnalle välttämätöntä uusien synteettisten materiaalien löytämiseksi, sillä 25 vuoden kuluessa maailman nyt tunnetut energia- ja mineraalivarat alkavat hälyttävästi ehtyä.

Uuden energiatekniikan on oltava paljon nykyistä tehokkaampaa. Samalla koneiden ja laitteiden on oltava yhä enemmän energiaa säästäviä.

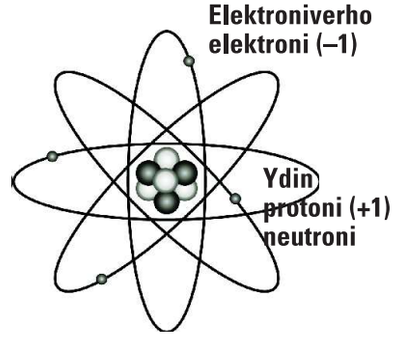
Tutkimukseen käytetään nykyisin miljardeja euroja, jotta saataisiin selville, mikä on aineen perimmäinen luonne ja mitkä ovat ne luonnonlait, jotka ovat kaiken takana. Maailman suurimmat ja monimutkaisimmat tutkimuslaitteet on rakennettu tähän tarkoitukseen. Käytännön sovelluksia ovat muun muassa läpivalaisulaitteet ja säteilyn annosmittarit.

Aineen rakenne

Kaikki aine rakentuu atomeista. Atomin rakenneosat ovat ydin ja elektroniverho. Ydin muodostuu protoneista ja neutroneista. Elektronit kiertävät ytimen ympärillä elektroniverhossa. Elektroniverho määrää, millaisia sidoksia ja yhdisteitä atomit voivat keskenään muodostaa.

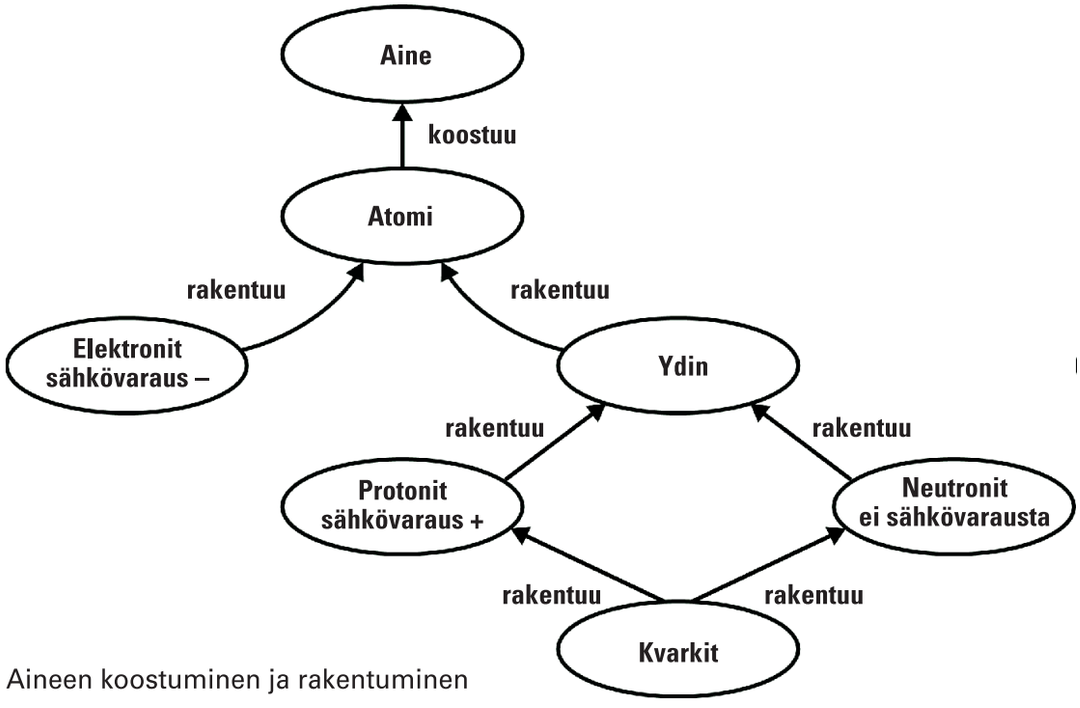
Protonit ja neutronit eivät ole ytimen pienimpiä osia, sillä ne koostuvat kolmesta kvarkista. Kvarkki on pienin nykyisin tunnettu aineen rakenneosa. Kvarkkeja tunnetaan kuusi erilaista.

Atomin halkaisija on noin 10^{-10} m eli 0,000 000 0001 metriä ja atomiytimen halkaisija noin kymmenestuhannesosa siitä eli 10^{-14} m eli 0,000 000 000 000 01 metriä.



Atomin malli

Elektronin sähkövaraus on negatiivinen. Protonin sähkövaraus on elektronin varauksen suuruinen mutta positiivinen. Neutronilla ei ole sähkövarausta. Koska atomissa on yhtä paljon protoneja ja elektroneja, atomi on ulospäin varaukseton.



Aineen koostuminen ja rakentuminen

Isotoopit ovat saman alkuaineen erimassaisia muotoja

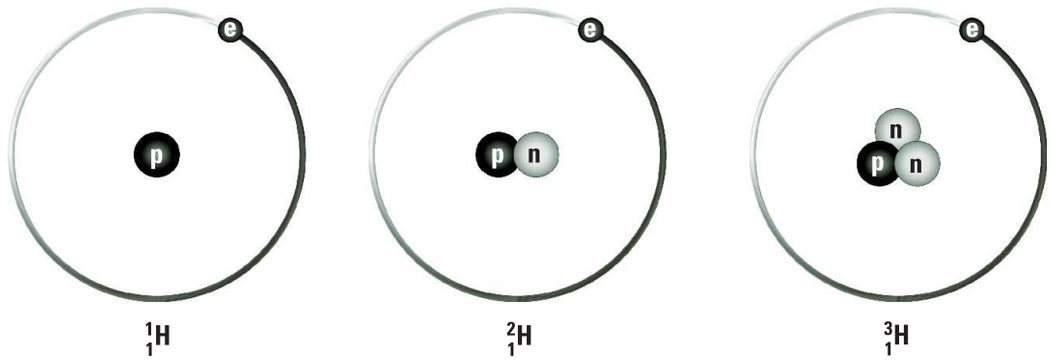
Hiiliatomilla on aina kuusi protonia ytimessään, mutta sen neutronien määrä vaihtelee. Hiiliatomin ytimessä voi olla kuusi, seitsemän tai useampia neutroneja. Tällaisia atomeja, joilla on sama määrä protoneja ytimessään mutta joiden neutronien määrä vaihtelee, sanotaan kyseisen alkuaineen isotoopeiksi. Hiileltä tunnetaan yksitoista eri isotooppia.

Isotooppia, jossa on kuusi protonia ja kahdeksan neutronia, voidaan merkitä symbolilla ${}^{14}_{6}\mathrm{C}$. Merkinnässä C on alkuaine hiilen kemiallinen merkki, alaindeksi 6 ytimen protonien lukumäärä ja yläindeksi 14 ytimen neutronien ja protonien yhteenlaskettu lukumäärä. Koska hiiliatomilla on ytimessään aina kuusi protonia, voidaan myös käyttää merkintää hiili-14 eli C-14 eli ${}^{14}\mathrm{C}$.

Ytimen merkintä

${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ = alkuaineen kemiallinen merkki
A = massaluku
= protonien lukumäärä
+ neutronien lukumäärä
Z = järjestysluku
= protonien lukumäärä

Koska isotoopeilla on yhtä monta protonia ja samanlainen elektroniverho, saman alkuaineen isotoopeilla on samat kemialliset ominaisuudet.



${}^{1}_{1}\mathrm{H}$ **Protium**
1 protoni, 0 neutronia eli tavallinen vety

${}^{2}_{1}\mathrm{H}$ **Deuterium**
1 protoni, 1 neutroni

${}^{3}_{1}\mathrm{H}$ **Tritium**
1 protoni, 2 neutronia

Luonnossa esiintyy vetyatomin kolmea eri isotooppia.

Esimerkki 1 Kuinka monta neutronia on uraanin isotooppi U-235:n ytimessä?

Ratkaisu: Merkinnässä U-235 luku 235 osoittaa massalukua A, joka on ytimessä olevien protonien ja neutronien yhteinen lukumäärä. Kirjan etusisäkannessa olevan alkuainetaulukon mukaan uraanin järjestysluku $Z = 92$. Neutroneja on $A - Z = 235 - 92 = 143$.

Vastaus: Neutroneja on **143**.

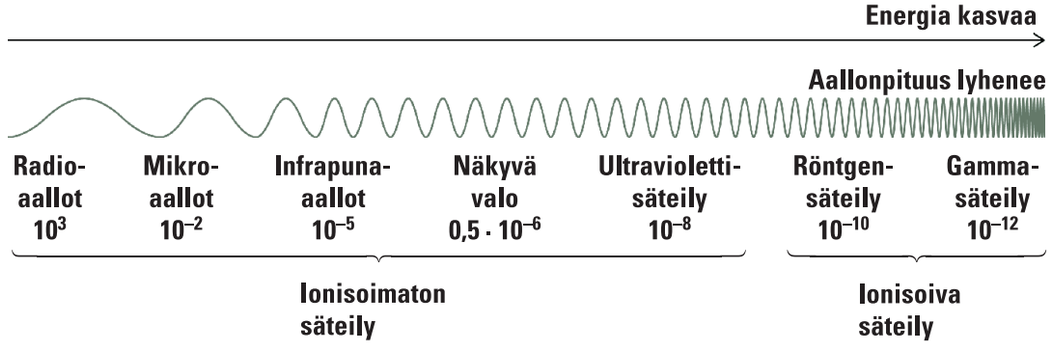
Säteilyä on kaikkialla

Säteily voi olla joko sähkömagneettista aaltoliikettä tai hiukkassäteilyä. Se on joko ionisoivaa tai ionisoimatonta sen mukaan, miten se vaikuttaa kohtaamaansa aineeseen. Säteily kuuluu luonnollisena osana elinympäristöömme.

Sähkömagneettisen säteilyn lajit

Matkapuhelin lähettää ja vastaanottaa näkymätöntä säteilyä linkkiasemilta. Myös kuumat kappaleet säteilevät, mikä voidaan aistia lämpönä mutta mitä ei nähdä. Palavan kynttilän voi sen sijaan nähdä kynttilän lähettämän valon avulla. Edelliset säteilyn lajit eli radioaallot, lämpösäteily ja valo ovat kaikki esimerkkejä sähkömagneettisesta säteilystä.

Eri säteilyn lajit poikkeavat tosistaan aallonpituudeltaan. Kun aallonpituus lyhenee, säteilyn energisyys kasvaa. Tällöin myös säteilyn vuorovaikutukset materian kanssa muuttuvat.



Säteilyn lajit. Säteilyn energisyys kasvaa aallonpituuden lyhetessä.

Radioaaltoja syntyy vaihtovirtapiireissä, kun muuttuva sähkövirta indusoi ympärilleen muuttuvan magneetti- ja sähkökentän. Kentän muutos etenee valon nopeudella. Kun vastaanottimen antenni havaitsee muuttuvan kentän, siihen indusoituu sähkövirta. Tämä muuttuva sähkövirta muunnetaan esimerkiksi radiossa kuultavaksi ohjelmaksi.

Vastaavasti matkapuhelimessa puhe muutetaan sähköiseksi värähtelyksi, jonka puhelin lähettää ympärilleen radioaaltoina. Puhelin vastaanottaa puheluja ilmassa etenevästä säteilystä.

Mikroaaltoja käytetään muun muassa mikroaaltouuneissa. Mikroaallot kääntelevät ruoan molekyylejä. Eniten aallot vaikuttavat vesimolekyyleihin, joten kosteammat kohdat ruoasta lämpenevät nopeammin. Mikroaaltoja käytetään hyväksi myös tutkissa. Esimerkiksi säätutkalla saadaan selville sadepilvien liike.

Infrapunasäteilyn aallonpituus on suurempi kuin näkyvän valon. Infrapunasäteilyä kutsutaan lämpösäteilyksi, koska kappaleet säteilevät infrapunasäteilyä sitä voimakkaammin, mitä lämpimämpiä ne ovat.

Television ja muiden elektroniikkalaitteiden kaukosäätimet lähettävät infrapunasäteilyä. Lämpökamera puolestaan on lämpösäteilyä mittaava laite. Sen avulla voidaan tutkia talojen lämpövuotoja sekä teollisuudessa erilaisten laitteiden kulumista ja huollon tarvetta. Infrapunasäteilyn lämmittävää vaikutusta taas käytetään hyväksi teollisuudessa paperin ja maalien kuivaamiseen. Infrapunalämmitin lämmittää parvekkeella vain istujan ihoa, jolloin ympäröivän ilman lämmittämiseen ei kulu energiaa.

Näkyvä valo on se osa sähkömagneettista säteilyä, jonka ihmissilmä aistii. Kun valkoinen valo kulkee prisman läpi, se hajoaa eri väreihin. Valon aallonpituudeltaan erilaiset osat taittuvat eri tavoin prismassa.

Ihmisen värinäkö perustuu siihen, että silmässä on sinistä, vihreää ja punaista valoa aistivat näkösolut. Tähän fysiologiseen seikkaan perustuvat monet tekniset sovellukset. Esimerkiksi tietokoneen näytön värit saadaan aikaan, kun näytön pikselit lähettävät sopivassa suhteessa sinistä, vihreää ja punaista valoa.

Ultraviolettisäteily eli UV-säteily on haitallista eliöille ja useimmille materiaaleille. UV-säteily on vahingollista silmille ja voi aiheuttaa ihosyöpää, minkä vuoksi voimakkaassa auringonvalossa kannattaa käyttää aurinkovoiteita ja UV-kalvolla varustettuja aurinkolaseja. Ultraviolettisäteily tappaa bakteereja, joten sitä käytetään myös juomaveden puhdistamiseen ja sairaaloissa leikkausvälineiden steriloimiseen. Hammaslääkärit käyttävät ultraviolettisäteilyä myös hammaspaikkojen kovettamiseen. Lisäksi autojen ikkunalasien halkeamia korjataan UV-säteilyn kovettamalla epoksilla.

Laservalo on hyvin intensiivistä. Koska se etenee kapeana keilana yhteen suuntaan ja on yksiväristä, sillä on monia käyttösovelluksia. Lasereita käytetään CD-soittimissa ja lasertulostimissa. Lääketieteessä laserin avulla muun muassa korjataan silmien taittovirheitä ja hoidetaan sappikivistä kärsiviä. Teollisuudessa laseria taas käytetään hitsauksessa, leikkauksessa, materiaalien lämpökäsittelyssä ja etäisyysmittauksissa. Laservaloa ei saa suunnata silmiin.

Tavallisimpien laserlähteiden tehoja

Lasersäde	Teho
laserosoitin	> 1 mW
DVD-soitin	5–10 mW
DVD-poltin	250 mW
kirurgiassa käytettävät laserit	30–100 W
teollisuuden laserleikkauslaitteet	100–3 000 W

Ionisoiva säteily

Ionisoivan säteilyn nimitys johtuu siitä, että säteily irrottaa kohtaamistaan atomeista elektroneja jolloin ne ionisoituvat. Atomista tulee tällöin ioni, jolla on sähkövaraus. Ioni voi aiheuttaa kemiallisia muutoksia kudoksessa.

Ionisoiva hiukkassäteily voi olla esimerkiksi alfa-, beeta- tai neutronisäteilyä.

- Alfasäteilyssä ydin säteilee alfahiukkasen, jolla on heliumytimen rakenne.
- Beetasäteilyssä ytimestä lähtee nopea elektroni. Se syntyy, kun yksi ytimen neutroni jakautuu protoniksi ja elektroniksi.
- Neutronisäteily koostuu neutroneista. Neutroneita poistuu ytimestä raskaiden ydinten hajotessa.

Ionisoiva sähkömagneettinen säteily on röntgensäteilyä tai gammasäteilyä.

Röntgensäteilyä käytetään muun muassa lääketieteessä sekä läpivalaisuun turvatarkastuksissa lentokentillä ja raja-asemilla. Sillä voidaan tutkia myös erilaisten rakenteiden mikrohalkeamia, joita voi syntyä esimerkiksi hitsaustöissä. Näin estetään vaaratilanteiden syntyminen esimerkiksi paineenalaisissa astioissa ja laivanrakennuksessa.

Gammasäteily on eri säteilylajeista kaikkein läpitunkevinta ja vaarallisinta, ja se etenee valon nopeudella niin kuin kaikki sähkömagneettinen säteily. Lyhytaaltoisena se on hyvin energistä säteilyä, jota syntyy muun muassa maaperässä olevien radioaktiivisten aineiden ytimissä. Se voi aiheuttaa solumuutoksia eläville olennoille. Sitä käytetään kuitenkin myös tekniikan ja lääketieteen sovelluksissa: teollisuudessa sillä voidaan rikkoa muovien ja puun sisäistä rakennetta ja lääketieteessä gammasäteilyä hyödyntävällä PET-kameralla etsitään syöpäkudosta.

Säteilyvaara-merkki

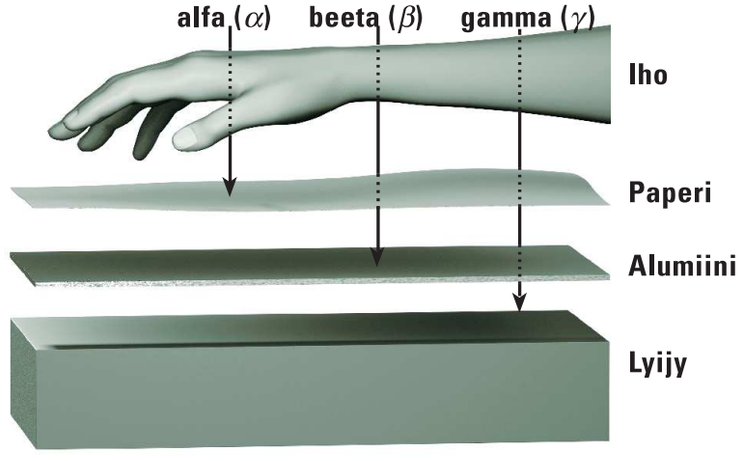
Ionisoivan säteilyn lähteissä on oltava säteilystä varoittava merkki, keltaisella pohjalla oleva musta kuvio.

Ionisoivan säteilyn vaimeneminen aineessa

Säteily vaimenee, kun se kohtaa aineen ja aloittaa vuorovaikutuksen aineen atomien kanssa. Säteilyn lajista riippuu, kuinka kauas säteily pääsee etenemään. Hiukkassäteilyn kantamalla tarkoitetaan keskimääräistä matkaa, jolla hiukkaset pysähtyvät.

Säteilylajien vaimeneminen eri materiaaleissa

Säteilylaji	Pysäyttävä aine ja paksuus
alfa-säteily	paperiarkki, 4 cm ilmaa
beeta-säteily	3 mm:ä alumiinia
gamma-säteily	6 cm:ä lyijyä tai 1 m betonia



Säteilyn vaimeneminen

Ionisoimaton säteily

Ionisoimattoman säteilyn energia ei riitä ionisoimaan atomia eli aiheuttamaan siihen sähkövarausta. Ionisoimatonta säteilyä ovat muun muassa ultraviolettisäteily, näkyvä valo ja infrapunasäteily.

Ionisoimatonta säteilyä hyödynnetään esimerkiksi matkapuhelimissa radioaaltojen avulla ja mikroaaltouuneissa mikroaaltojen avulla sekä lääketieteessä magneettikuvauslaitteissa. Myös auringon säteily on ionisoimatonta. Liian suuret annokset auringon valoa ja mikroaaltosäteilyä voivat olla terveydelle haitallisia, koska erityisesti mikroaaltosäteilyssä ihon pinta ei kuumene vaan kudokset lämpiävät sisältä päin. Ionisoimattoman ja ionisoivan säteilyn raja on röntgensäteilyn ja ultraviolettisäteilyn välissä.

Säteilyannos kuvaa säteilyn energiamäärää

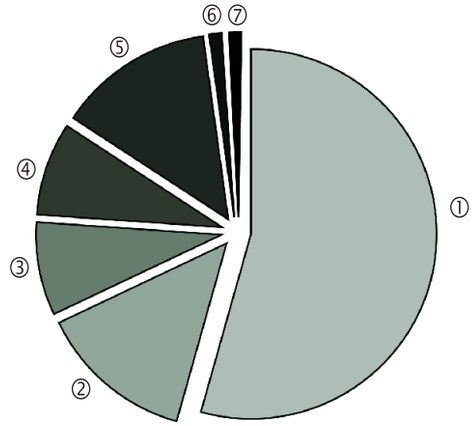
Näkyvää valoa (400 nm–700 nm) ja voimakasta lämpösäteilyä lukuun ottamatta säteilyä ei voi aistien avulla havaita, mutta sitä voidaan mitata luotettavasti ja helposti. Voidaan mitata, kuinka paljon säteilyn mukana siirtyy energiaa esimerkiksi ihmisen kehoon. Eri säteilylajit vaikuttavat eri tavoin kudokseen, mutta eräänä tärkeänä tekijänä on juuri säteilystä aineeseen jäävän energian määrä.

Säteilyannoksen suuruus on yksi sievert, kun säteilyä saadaan 1 joule yhtä kilogrammaa kohti. Yksi joule vastaa energiaa, joka tarvitaan, kun 100 g:n painoinen esine nostetaan yhden metrin korkeudelle.

Kaikelta säteilyltä ei ole mahdollista suojautua, eikä se ole tarpeenkaan, koska myös ihmiset itse säteilevät. Ionisoivaa säteilyä on kaikkialla luonnossa. Säteily on peräisin luonnossa olevista radioaktiivisista aineista tai avaruudesta. Ylivoimaisesti suurin luonnollinen säteilylähde on maaperästä sisäilmaan kulkeutunut radonkaasu. Sitä muodostuu maaperässä olevan ^{238}U-isotoopin hajoamisen yhteydessä.

Säteilyannos kuvaa säteilyn terveyshaittaa. Sen yksikköinä ovat sievert (1 Sv) ja sen tuhannesosa millisievert (1 mSv).

Suomalaisten saama keskimääräinen säteilyannos vuodessa on noin 3,7 mSv. Radonin osuus on yli puolet tästä kokonaisannoksesta. Ydinvoimaloiden aiheuttama keskimääräinen säteilyannos maailmalla henkeä kohden on 0,001 mSv. Suomessa vastaava määrä on noin 0,0002 mSv.

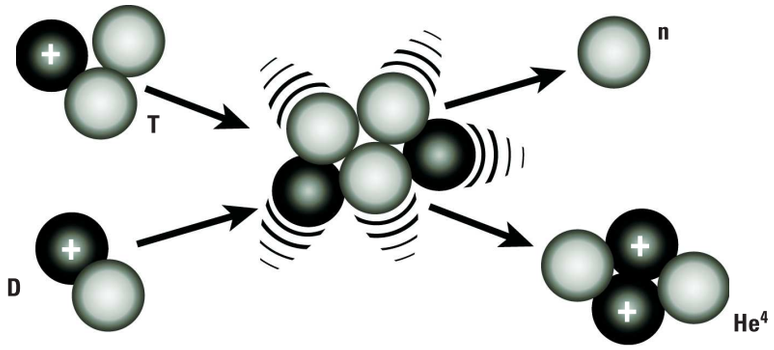


Ihmisen saama keskimääräinen vuotuinen säteilyannos Suomessa. Eri ihmisten saamat säteilymäärät vaihtelevat paljon. (Lähde: Säteilyturvakeskus STUK.)

① Sisäilman radon 2 mSv
② Ulkoinen säteily maaperästä ja rakennuksista 0,5 mSv
③ Luonnon radioaktiivisuus kehosta 0,3 mSv
④ Kosminen säteily avaruudesta 0,3 mSv
⑤ Röntgentutkimukset 0,5 mSv
⑥ Radioaktiiviset aineet lääketieteessä 0,04 mSv
⑦ Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuuden aiheuttama laskeuma 0,04 mSv

Fuusiossa ytimet yhdistyvät

Ydinfuusio on prosessi, jossa kaksi tai useampia ytimiä muodostaa yhdessä ytimen. Fission eli atomiytimen halkeamisen tapaan myös kevyiden atomiytimien fuusiossa vapautuu energiaa, suhteellisesti jopa enemmänkin. Auringon sisällä vedyn isotoopit – deuterium ja tritium – yhdistyvät raskaammaksi heliumytimeksi ja vapauttavat samalla valtavan määrän energiaa, josta osa osuu auringon säteilynä maahan pitämään yllä elämää maapallolla.



Atomiytimien yhdistyminen eli fuusio. Deuteriumin ja tritiumin vety-ytimien fuusiossa syntyy heliumydin, neutroni ja energiaa.

Tiivistelmä

- Atomin rakenneosat ovat ydin ja elektroniverho.
- Isotoopit ovat saman alkuaineen muotoja, joilla on ytimessä eri määrä neutroneja.
- Pysymätöntä isotooppia sanotaan radioaktiiviseksi.
- Säteily voi olla joko sähkömagneettista aaltoliikettä tai hiukkassäteilyä.
- Ionisoiva säteily irrottaa kohtaamistaan atomeista elektroneja.
- Ionisoimaton säteily on sähkömagneettista aaltoliikettä, esimerkiksi ultraviolettisäteilyä, näkyvää valoa ja infrapunasäteilyä.
- Säteily vaimenee, kun se kohtaa aineen.
- Säteilyannos kuvaa säteilyn ihmiselle aiheuttamaa haittaa.
- Fissio on raskaiden atomiytimien halkeamista.
- Fuusio on keveiden atomiytimien yhdistymistä.

Tehtäviä

6.1 Mikä on atomirakenteeltaan yksinkertaisin atomi?

6.2 Millainen varaus on atomin

a) ytimellä

b) elektronilla?

6.3 Miten ionisoiva säteily vaikuttaa elimistöön?

6.4 Miten voidaan suojautua

a) α-säteilyltä

b) β-säteilyltä

c) γ-säteilyltä?

6.5 Kummasta ihmiset saavat enemmän säteilyä, luonnollisesta vai keinotekoisesta säteilystä?

6.6 Mistä Auringon valtava säteilyteho on peräisin?

TUTKIMUSTEHTÄVÄT

6.7 (Laita pieni (noin 1 mm:n) vesipisara matkapuhelimen näytölle. Näytöstä tulevan valon värit taittuvat prismassa eri tavoin. Sopivassa kulmassa katsottuna pisarassa näkyy sinistä, vihreää ja punaista.

6.8 Kokeile, soiko matkapuhelin, jos se laitetaan tiiviiseen metallikattilaan.

- Millaisista aineista ympäristömme koostuu?
- Miksi kemiallisia reaktioita tapahtuu?
- Mitä erilaisia aineita ja yhdisteitä tunnet ympäristöstäsi?

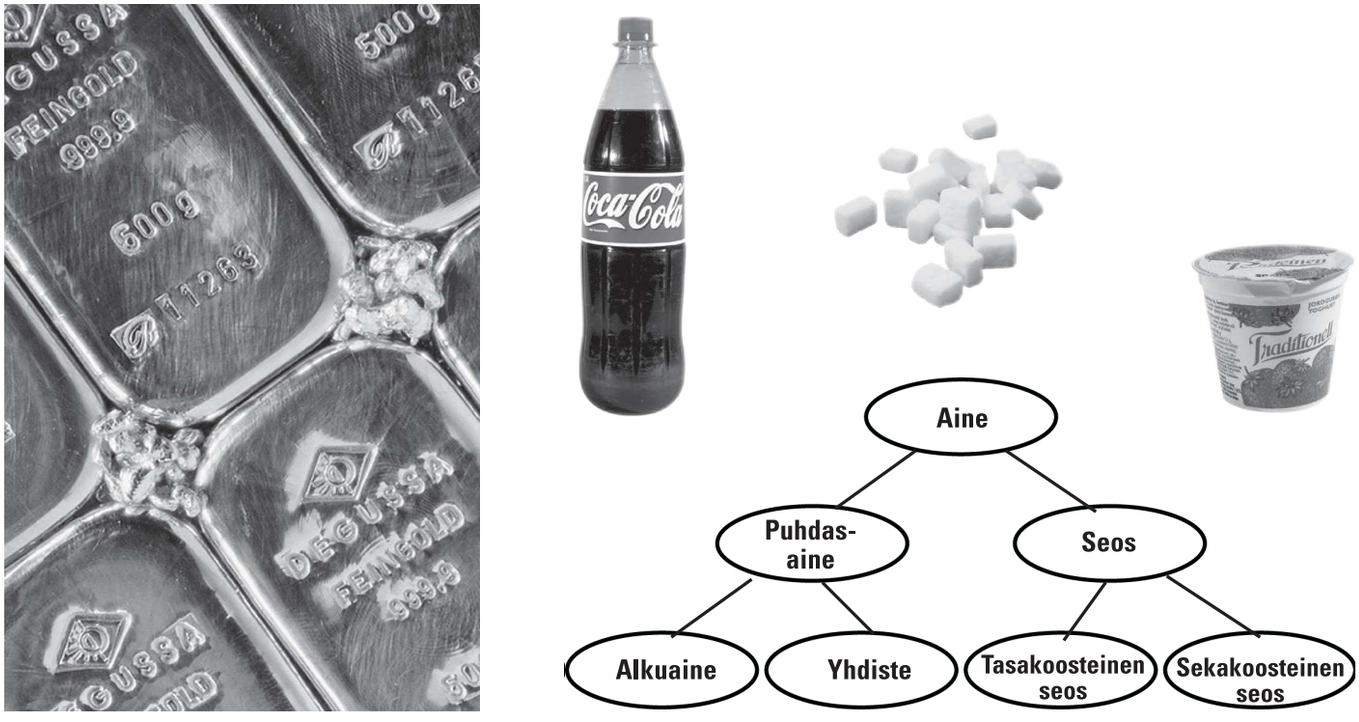
7 Aineet koostuvat atomeista

Tekniikan alalla käytetään erilaisia materiaaleja koneiden, laitteiden ja rakennelmien valmistamisessa. Materiaaleihin käytetyt aineet puolestaan rakentuvat alkuaineista, joita tunnetaan jo 118 kappaletta. Alkuaineiden atomit ovat kaikki erilaisia. Aineiden atomiytimissä on eri määrä positiivisia protoneja ja protoneja vastaava määrä negatiivisia elektroneja kiertämässä ydintä elektronipilvenä. Atomit ovat noin 15 miljardia kertaa pienempiä kuin ihminen.

Kemiassa tutkitaan atomien välisiä reaktioita ja reaktioissa muodostuvien aineiden ominaisuuksia. Kemiallinen reaktio tapahtuu, kun atomien elektronipilvet joutuvat kosketuksiin keskenään. Elektronit saattavat reaktioissa alkaa kiertää uusia ratoja atomiytimien ympäri. Näin alkuaineet voivat sitoutua uusiksi yhdisteiksi.

Aineet ovat alkuaineita, yhdisteitä ja niiden seoksia

Ympärillämme oleva luonto, käyttämämme materiaalit ja me itsekin koostumme erilaisista aineista. Aineet jaotellaan puhtaisiin aineisiin ja seoksiin.



Aineiden jaottelu puhtaisiin aineisiin ja seoksiin

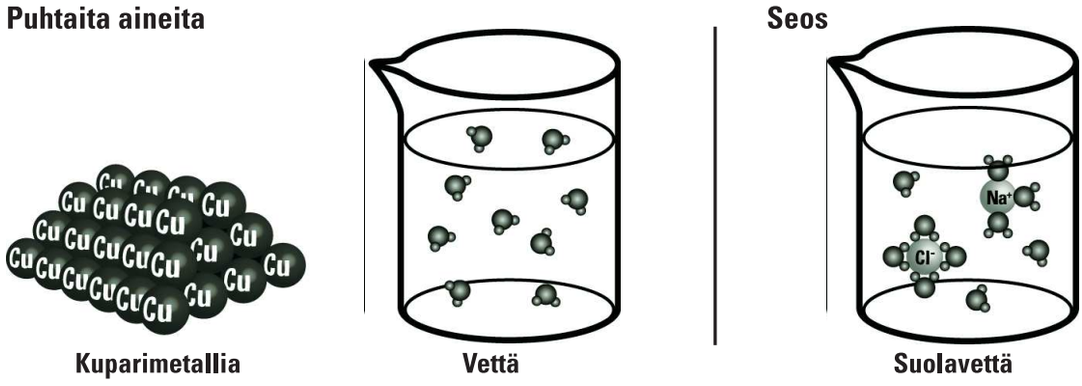
Alkuaine koostuu vain yhdenlaisista atomeista. Osa alkuaineista esiintyy kahden samanlaisen atomin yhteenliittyminä, alkuainemolekyyleinä. Tällaisia alkuaineita ovat esimerkiksi happi (O_2), vety (H_2) ja typpi (N_2).

Nykyisin tunnetaan 118 alkuainetta. Niistä 90 esiintyy luonnossa ja loput ovat keinotekoisesti valmistettuja. Elollinen luonto koostuu suurimmaksi osaksi hapesta (O), hiilestä (C) ja vedystä (H). Maankuoressa puolestaan yleisimmät alkuaineet ovat pii (Si) ja happi (O).

Puhdas aine koostuu vain yhdenlaisista rakenneosista. Se voi olla alkuaine tai kemiallinen yhdiste, esimerkiksi kuparimetalli (Cu) tai vesi (H_2O).

Seos koostuu kahdesta tai useammasta rakenneosasta. Seos voi olla esimerkiksi suolavesi: NaCl + H_2O.

Kemialliset yhdisteet rakentuvat kahdesta tai useammasta alkuaineesta. Esimerkkejä yhdisteistä ovat vesi (H_2O) ja ruokasuola eli natriumkloridi (NaCl). Nykyisin tunnetaan yli 18 miljoonaa kemiallista yhdistettä.



Puhtaita aineita ja seoksia

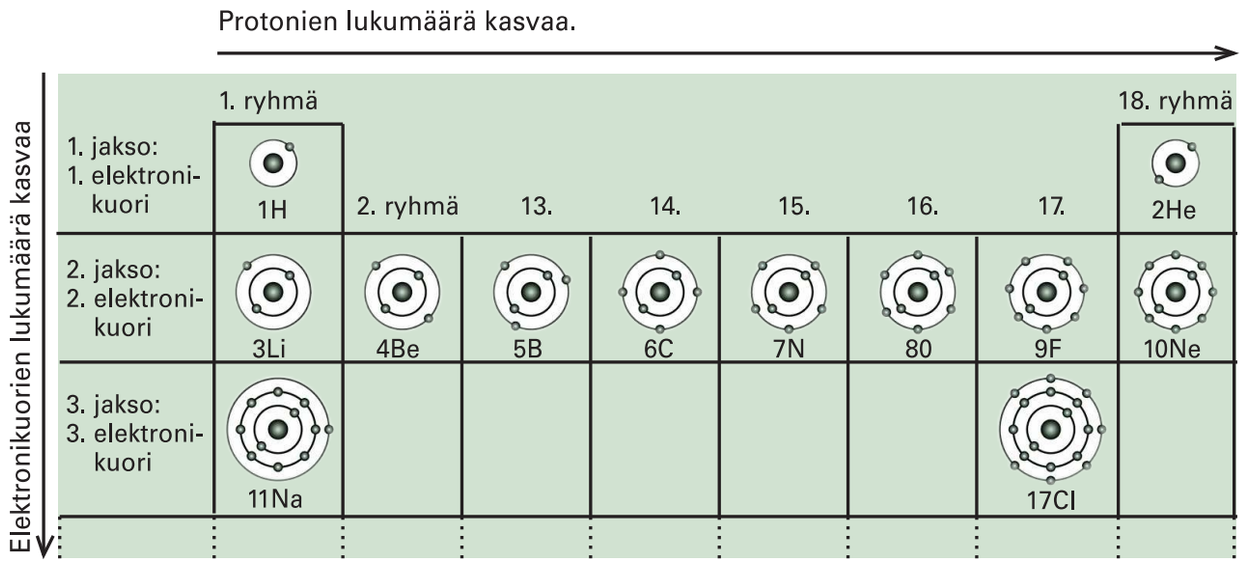
Seokset jaetaan tasakoosteisiksi seoksiksi (homogeeniset seokset) ja sekakoosteisiksi seoksiksi (heterogeeniset seokset). Tasakoosteinen seos näyttää paljain silmin ja myös voimakkaasti suurentavalla suurennuslasilla tarkasteltuna joka kohdasta samanlaiselta. Esimerkiksi tärpätti (liuos), ruiskumaalauksessa maalisumu (maalipisaroita kaasussa) ja teräs (metalliseos) ovat tasakoosteisia seoksia.

Sekakoosteinen seos puolestaan näyttää eri kohdista erilaiselta. Monet kivilajit ovat sekakoosteisia seoksia.

Jaksollisessa järjestelmässä ovat kaikki alkuaineet

Kirjan etusisäkannessa olevassa jaksollisen järjestelmän taulukossa tunnetut alkuaineet on järjestetty kasvavan protonimäärän mukaan vaakariveihin eli jaksoihin sekä samankaltaisten ominaisuuksiensa mukaan pystysarakkeisiin eli ryhmiin.

Vaakariveillä esitetään alkuaineet kasvavan protonimäärän mukaan järjestyksessä siten, että vasemmalla ylhäällä on kevein alkuaine vety (H). Vedyllä on protoneja ytimessään yksi, ja sen järjestysluku on 1. Seuraavalla alkuaineella, heliumilla (He), on ytimessään kaksi protonia, ja sen järjestysluku on 2. Järjestysluku kertoo protonien lukumäärän. Tällä tavoin siirrytään alkuaineesta seuraavaan aina rivillä vasemmalta oikealle. Kun alkuaineiden protonimäärä kasvaa, myös niiden elektronimäärä ytimien ympärillä kasvaa. Elektronit miehittävät niin sanotut elektronikuoret.

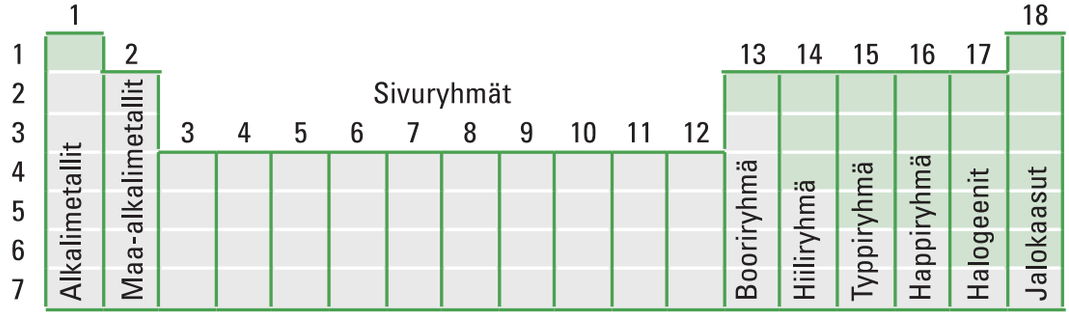


Elektronit miehittävät elektronikuoria. Jakson numero kertoo kuorten lukumäärän.

Ensimmäiselle kuorelle mahtuu 2 elektronia, joten se täyttyy heliumatomilla. Toiselle kuorelle taas mahtuu 8 elektronia, ja se täyttyy toisessa jaksossa oikealle mentäessä neonatomilla. Seuraava jakso alkaa natriumilla, jonka kolmannella kuorella on yksi elektroni. Samassa pystysarakkeessa olevilla atomeilla on sama määrä uloimmalla kuorella ole-

via elektroneja, eli esimerkiksi vedyllä, litiumilla ja natriumilla on kaikilla uloimmalla elektronikuorellaan yksi elektroni. Pääryhmillä on omat nimet, ja ne numeroidaan alla olevan taulukon mukaisesti. Hyppäys numeroinnissa johtuu sivuryhmistä, joita ei käsitellä tässä kirjassa.

Jaksollisessa järjestelmässä pääryhmiä on kahdeksan. Kukin pystysarake muodostaa ryhmän. Pääryhmään kuuluvat alkuaineet on sijoitettu pystysuoriin sarakkeisiin. Pystysuorissa sarakkeissa eli ryhmissä olevilla alkuaineilla on samankaltaisia ominaisuuksia, kuten ulkoelektronien määrä ja reaktiivisuus. Saman ryhmän alkuaineet muodostavat myös varaukseltaan samankaltaisia ioneja. Pääryhmien lisäksi järjestelmässä esitetään sivuryhmiin kuuluvat alkuaineet ja harvinaisten maametallien (lantanoidien ja aktinoidien) ryhmät.



Pääryhmillä on oma numero ja nimi.

Pääryhmien ominaisuuksia

Pääryhmä	1	2	13	14	15	16	17	18
Ulommaisia elektroneja	1	2	3	4	5	6	7	8 (= oktetti)
Muodostuvan ionin sähkövaraus	+1	+2	+3			–2	–1	
Elektro-negatiivisuus	pieni						suuri	ei sitoudu tai reagoi helposti

Kemian merkintäsääntöjä

Kemian merkkikieli on kansainvälistä. Alkuaineille on sovittu kansainvälisesti lyhenteet, jotka kemian osaajat eri puolilla maailmaa tuntevat. Alkuaineet on merkitty jaksolliseen järjestelmään joko yhdellä kirjaimella tai kahden kirjaimen yhdistelmällä, kuten vety (H) tai kupari (Cu). Merkeissä aina ensimmäinen kirjain kirjoitetaan isolla.

Joissakin yhdisteissä on liittyneenä kaksi eri alkuainetta yhteen kemiallisilla sidoksilla. Yksi esimerkikki tästä on natriumkloridi NaCl. Yhdisteessä voi olla myös kaksi alkuainetta, joista molemmat kirjoitetaan yhdellä isolla kirjaimella. Yhdisteissä ensimmäisenä esitetään positiivisesti varautunut alkuaine, esimerkiksi vetyfluoridissa HF.

Yhdisteet muodostuvat ionisidoksin, kovalenttisin sidoksin ja metallisidoksin

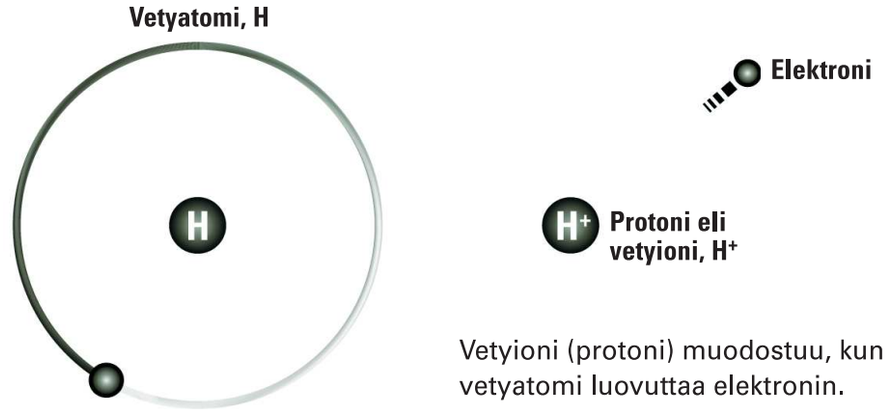
Yhdisteet ovat muodostuneet erilaisista alkuaineista kemiallisten reaktioiden tuloksena. On olemassa molekyyliyhdisteitä, kuten vesi (H_2O), ja ioniyhdisteitä, kuten ruokasuola (NaCl). Alkuaineet sitoutuvat niissä toisiinsa erilaisilla mekanismeilla.

Yhdisteitä muodostavien atomien elektronikuorilla olevat elektronit joutuvat vuorovaikutukseen kemiallisessa reaktiossa, jolloin muodostuu atomeja toisiinsa yhdistäviä sidoksia. Alkuaineet pyrkivät saamaan uloimmalle elektronikuorelle kahdeksan elektronia eli oktetin. Elektronioktetti on energialtaan pysyvin eli sen hajottamiseen tarvitaan eniten energiaa.

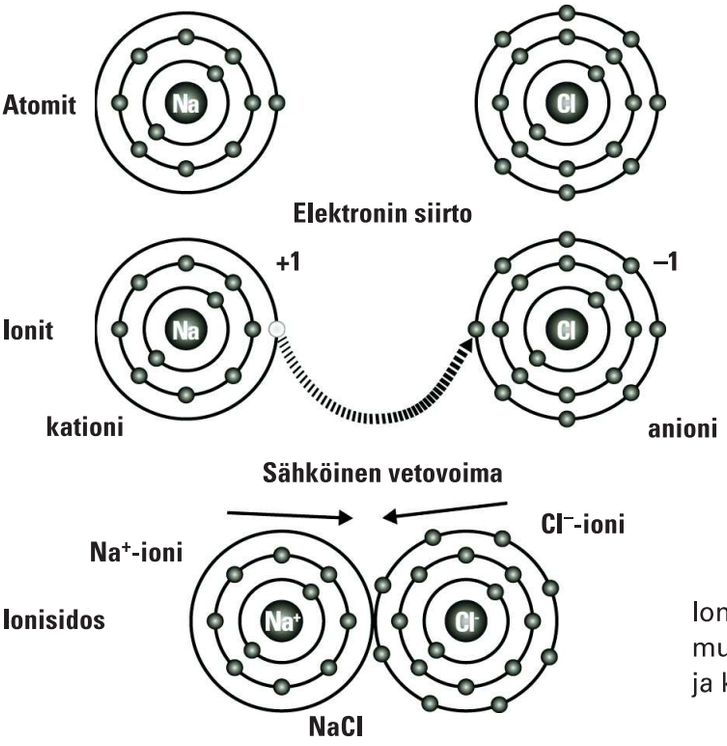
Ionisidos sitoo ioneja

Kun yhdistyy kaksi atomia, joista toisella on uloimmalla elektronikuorella vain 1–2 elektronia ja toisen atomin uloimmalla elektronikuorella on 6–7 elektronia, muodostuu ioniyhdiste. Ioniyhdisteen muodostumisessa toinen atomi luovuttaa toiselle 1–3 elektronia. Kun sähköisesti

neutraali atomi luovuttaa negatiivisen elektronin, atomista muodostuu positiivinen ioni (kationi). Elektroneja vastaanottavasta atomista taas syntyy negatiivinen ioni (anioni). Positiivinen kationi ja negatiivinen anioni vetävät toisiaan puoleensa sähköisin vetovoimin, jolloin muodostuu ionisidoksellinen yhdiste.



Vetyioni (protoni) muodostuu, kun vetyatomi luovuttaa elektronin.



Ionisidoksellisen yhdisteen muodostuminen natrium- ja klooriatomin kesken

Kationi on positiivisesti varautunut ioni, esimerkiksi Na^+.

Anioni on negatiivisesti varautunut ioni, esimerkiksi Cl^-.

Kationit muodostuvat siis alkuaineista, jotka luovuttavat elektronejaan.

Atomeista muodostuvia kationeja

Alkuaine		Muodostuva kationi ja siirtyvät elektronit
natrium (Na)	→	natriumioni (Na^+) + elektroni (e^-)
kalium (K)	→	kaliumioni (K^+) + elektroni (e^-)
kalsium (Ca)	→	kalsiumioni (Ca^{2+}) + 2 elektronia ($2e^-$)
magnesium (Mg)	→	magnesiumioni (Mg^{2+}) + 2 elektronia ($2e^-$)
rauta (Fe)	→	ferro- eli rauta(II)ioni (Fe^{2+}) + 2 elektronia ($2e^-$)
rauta (Fe)	→	ferri- eli rauta(III)ioni (Fe^{3+}) + 3 elektronia ($3e^-$)

Anioneja muodostuu kahdella tavalla: atomi tai yhdiste vastaanottaa elektroneja, jolloin muodostuu negatiivisesti varautunut partikkeli.

Atomeista muodostuvia anioneja

Alkuaine ottaa vastaan elektroneja		Muodostuva anioni
fluori (F) + elektroni (e^-)	→	fluoridi (F^-)
kloori (Cl) + elektroni (e^-)	→	kloridi (Cl^-)
bromi (Br) + elektroni (e^-)	→	bromidi (Br^-)
happi (O) + 2 elektronia ($2e^-$)	→	oksidi (O^{2-})
rikki (S) + 2 elektronia ($2e^-$)	→	sulfidi (S^{2-})

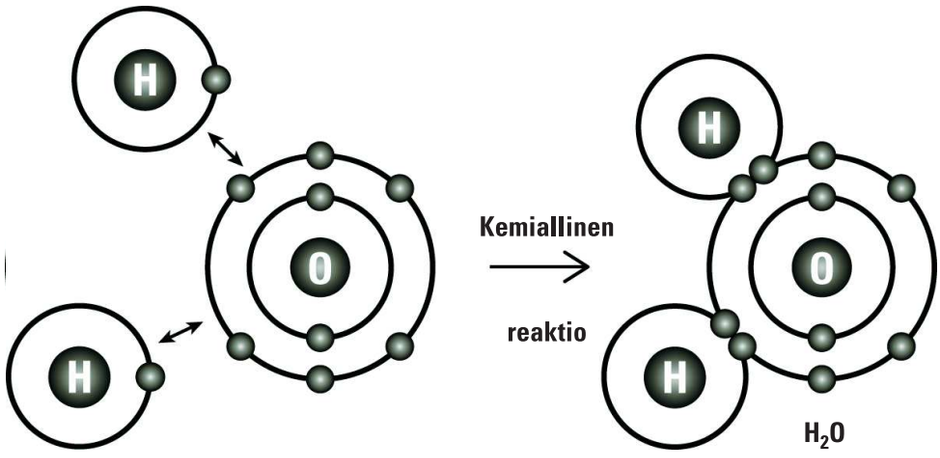
Yhdisteistä muodostuneita anioneja ja kationi

sulfaatti (SO_4^{2-})	kloriitti (ClO_3^-)
fosfaatti (PO_4^{3-})	karbonaatti (CO_3^{2})
sulfiitti (SO_3^{2-})	asetaatti (CH_3COO^-)
ammoniumioni	(NH_4^+)

Kovalenttinen sidos sitoo atomeja

Molekyyliyhdisteet muodostuvat ottamalla elektroneja yhteiseen käyttöön. Esimerkiksi vesimolekyylissä kaksi vetyatomia antaa kumpikin yhden elektroninsa yhteiseen käyttöön happiatomin kanssa. Tällöin muodostuu kovalenttinen sidos. Yhdisteeseen osallistuvien atomien ydinten ympärille on näin saatu oktettia eli kahdeksaa ulkoelektronia vastaava rakenne. Poikkeuksena on vety, jolla oktettia vastaava raken-

ne on heliumin elektronirakenne eli kaksi ulkoelektronia. Sidoselektronit kiertävät kaikkien sidokseen osallistuvien atomiydinten ympärillä.



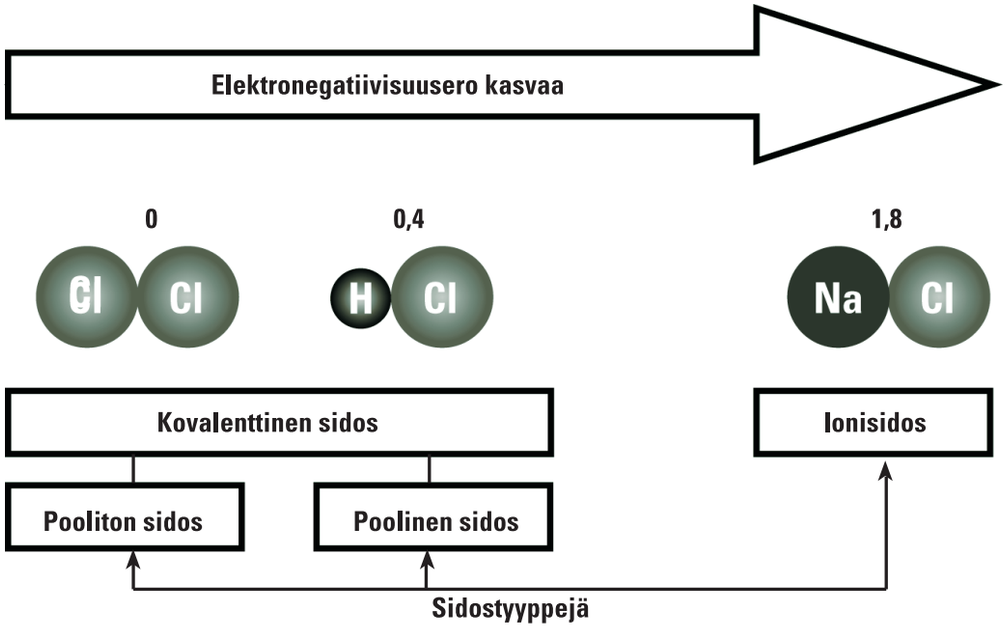
Kovalenttisella sidoksella toisiinsa kiinnittyvät molekyyliyhdisteen atomit jakavat yhteisesti molempien sidokseen antamat elektronit.

Elektronegatiivisuus kuvaa aineen kykyä ottaa itselleen elektroneja. Alkuaineiden elektronegatiivisuusarvot esitetään liitteenä kirjan lopussa. Kaikkein elektronegatiivisin alkuaine on fluori. Jos kahden alkuaineen elektronegatiivisuuksien ero on suuri (noin 2), niiden välille muodostuu ionisidos.

Esimerkki 1 Natriumkloridi muodostuu natrium- ja kloori-ionista. Etsi elektronegatiivisuustaulukosta aineiden elektronegatiivisuusarvot ja laske niiden avulla alkuaineiden elektronegatiivisuusero. Päättele muodostuvan sidoksen tyyppi.

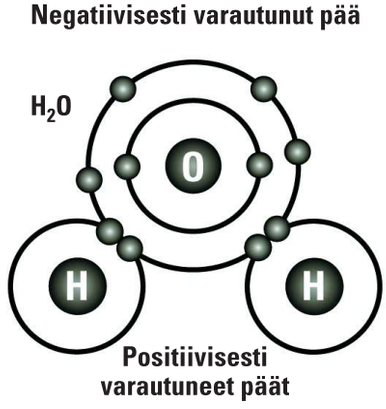
Ratkaisu: Kirjan liitteenä olevan taulukon mukaan natriumin elektronegatiivisuus on 0,9 ja kloorin 3,0. Elektronegatiivisuuksien erotus on 3,0 – 0,9 = 2,1. Muodostuvan yhdisteen ionit ovat ionisidoksella sitoutuneita.

Jos elektronegatiivisuusero on pieni (noin 0,2), yhdisteen atomit ovat sitoutuneet kovalenttisella sidoksella. Useat yhdisteet ovat sidoksiltaan kovalenttisen ja ionisidoksellisen yhdisteen välimuotoja. Esimerkiksi suolahapon eli vetykloridin (HCl) elektronegatiivisuusero atomien välillä on 0,9. Molekyylissä elektronegatiivisempi kloori vetää vedyn elektronia puoleensa ja molekyyliin muodostuu positiivisempi ja negatiivisempi pää. Tällaista molekyyliä kutsutaan pooliseksi tai dipoliksi.



Kun elektronegatiivisuuksien ero sitoutuvien atomien välillä kasvaa, sidos muuttuu ionisidokseksi.

Vesimolekyyli (H_2O) on myös esimerkki poolisesta, kovalenttisesta yhdisteestä.



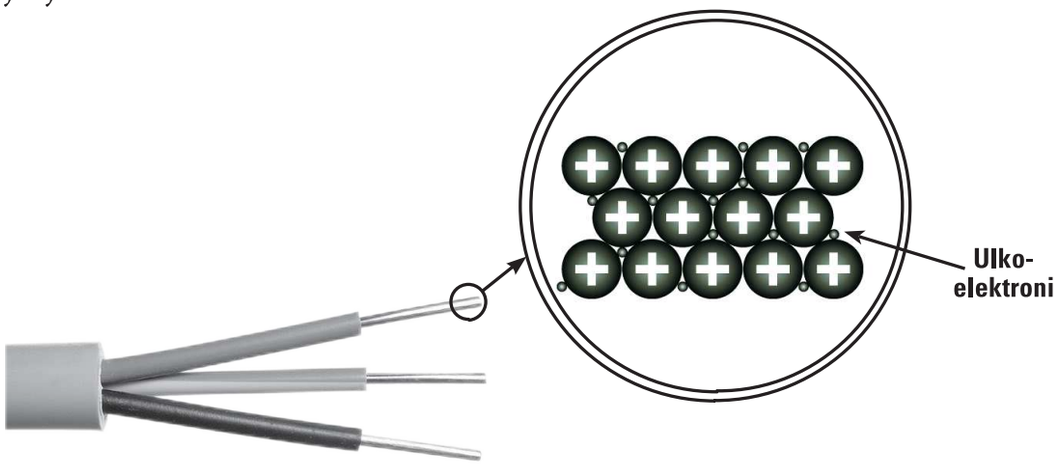
Vesimolekyylissä sähkövaraus on hieman jakaantunut, jolloin muodostuu dipolinen molekyyli.

Metallisidos selittää metallien ominaisuudet

Jaksollisessa järjestelmässä alkuaineet jaetaan ryhmien ja jaksojen lisäksi kahteen ryhmään metallisuutensa perusteella. Nämä ryhmät ovat metallit ja epämetallit. Epämetalleihin kuuluvat ryhmän VIII jalokaasut, ryhmän VII halogeenit, ryhmän VI alkuaineet (paitsi polonium (Po)) sekä muista alkuaineista typpi (N), fosfori (P), arseeni (As), hiili (C), pii (Si), boori (B) ja vety (H).

Kaikki muut alkuaineet kuuluvat metalleihin. Metallien sitoutuminen on myös erilainen verrattuna ionisidoksellisiin ja kovalenttisesti sitou-

tuneisiin yhdisteisiin. Metallisidoksessa atomit muodostavat tiiviin paketin. Jaksollisessa järjestelmässä metalliset ominaisuudet heikentyvät järjestelmässä vasemmalta oikealle.



Kun metalliatomit muodostavat mahdollisimman tiiviin rakenteen, niiden ulommaiset elektronit tulevat yhteiseen käyttöön.

Metalliatomien sähkövaraukseltaan positiiviset ytimet ovat mahdollisimman lähellä toisiaan, ja atomit luovuttavat ulkoelektronejaan yhteiseen käyttöön. Tällöin syntyy positiivisesti varautuneita ioneja ja niiden välissä liikkuvia vapaita elektroneja.

Tämä elektronien vapaa liikkuvuus ja ydinten pakkautuminen mahdollisimman lähelle toisiaan selittävät metallien tyypillisiä ominaisuuksia, kuten hyvän sähkönjohtavuuden, hyvän lämmönjohtavuuden ja muokattavuuden. Myös korkea sulamispiste johtuu vahvoista sidoksista.

Koska elektronit liikkuvat helposti positiivisten ionien muodostamassa rakenteessa, metalleilla on hyvä sähkönjohtokyky. Jos metallikappaleeseen tuodaan lämpöä, metallin rakenneosaset alkavat värähdellä. Lämmön vaikutuksesta myös elektronien nopeus kasvaa ja niiden värähtelyiden vuoksi lämpö siirtyy hyvin metallissa. Kun metallia lyödään, ionikerrokset liukuvat toistensa päällä, mutta sähköisten vetovoimien ansiosta sidokset eivät katkea. Tästä syystä metallit ovat kovia ja vahvoja. Niiden hajottamiseen, esimerkiksi auton murskaamiseen kierrätyslaitoksessa, tarvitaan siis paljon energiaa.

Metallikappaleita, esimerkiksi teräsputkia, liitetään kiinni toisiinsa hitsaamalla. Hitsauksessa sähköisellä valokaarella kuumennetaan metallipalojen reunat sulamispisteen lämpötilaan, jolloin tapahtuu yhteenliittyminen.

Tiivistelmä

- Aineet jaetaan puhtaisiin aineisiin ja seoksiin.
- Puhtaat aineet ovat alkuaineita tai yhdisteitä.
- Seokset voivat olla tasakoosteisia eli homogeenisia tai sekakoosteisia eli heterogeenisia.
- Jokaisella tunnetulla alkuaineella on oma kemiallinen merkkinsä. Alkuaineet esitetään jaksollisessa järjestelmässä (ks. taulukkoa kirjan etusisäkannessa).
- Yhdisteet muodostuvat alkuaineista.
- Atomit liittyvät toisiinsa kemiallisin sidoksin. Sidos- eli sitoutumistyyppejä ovat ionisidos, kovalenttinen sidos ja metallisidos.
- Metallisidoksen avulla voidaan selittää metallien hyvä sähkönjohtavuus, korkea sulamispiste ja muokattavuus.

Tehtäviä

7.1 Nimeä seuraavilla kemiallisilla merkeillä ilmoitetut alkuaineet.

Merkki	Alkuaineen nimi	Merkki	Alkuaineen nimi
Ba		Rh	
B		Rb	
Br		Rn	
Bi		Ra	

7.2 Yhdistä viivoilla alkuaineen nimi ja sen merkki.

platina	Sb
fosfori	Kr
kalsium	Pt
cesium	Ca
antimoni	Cs
krypton	P

7.3 Kirjoita sarakkeeseen, mihin jaksollisen järjestelmän ryhmiin seuraavat alkuaineet kuuluvat.

Alkuaine	Nimi	Jaksollisen järjestelmän ryhmän nimi
Ge		
K		
Eu		
Be		
Te		
Si		
Al		

7.4 Kirjoita sarakkeeseen, mihin jaksollisen järjestelmän ryhmiin seuraavat alkuaineet kuuluvat.

Alkuaine	Merkki	Ryhmä	Metalli, epämetalli vai puolimetalli
frankium			
boori			
vismutti			
rikki			
neon			
vety			

7.5 Ympyröi seuraavilta riveiltä ne aineet, jotka eivät kuulu joukkoon. Kirjoita viivalle, miksi ympyröimäsi aineet eivät kuulu joukkoon

1. Al , Br , Cl^- , Dy , Eu , Fe^{2+} , Ga _____
2. Fe, Fe^+ , Fe^{3+} , Fe^{2+}, F, F^- _____
3. Li , Cs , K , H , Rb , Ne _____
4. Cr, Fe, Ni, Cu, Ge, Mn, Te, Pb _____
5. O, S, N, Ne, Kr, H, I _____

7.6 Etsi jaksollisesta järjestelmästä seuraavien alkuaineiden merkki ja järjestysluku: molybdeeni, seleeni, kromi, kalsium, kalium, sinkki ja tina.

_____

_____

7.7 Luettele jaksollisen järjestelmän pääryhmät.

_____

_____

7.8 Missä jaksollisen järjestelmän kohdassa sijaitsevat elektronegatiivisuudeltaan heikoimmat alkuaineet?

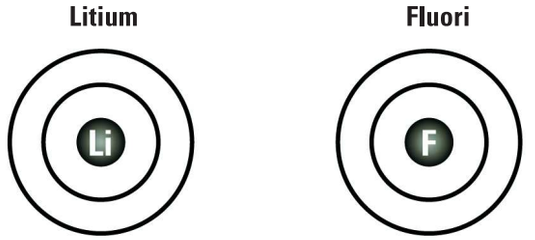
_____

_____

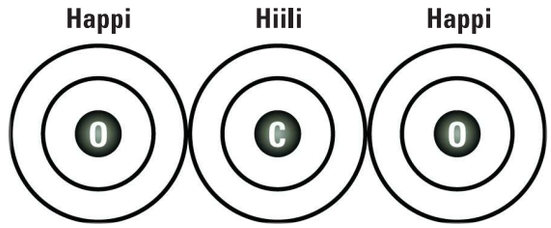
7.9 Täydennä taulukko.

Alkuaine	Protonien määrä	Ulkoelektronien määrä	Järjestys-luku	Atomi-massa	Jakso	Ryhmä
kalsium						
seleeni						
rauta						
hiili-14						

7.10 Piirrä litiumin ja fluorin elektronirakenne. Mieti, miten niiden välille muodostuu sidos.



7.11 Piirrä hiilidioksidin kovalenttinen sitoutuminen happiatomien välillä.



7.12 Laske molekyylien elektronegatiivisuusero ja päättele sen perusteella kemiallisen sidoksen tyyppi:

a) suolahappo (HCl) _____

b) happi (O_2) _____

c) hiilimonoksidi eli häkä (CO). _____

7.13 Etsi kymmenen epämetalliatomin ja kymmenen metalliatomin kemialliset merkit ja nimeä ne.

7.14 a) Mitä eroja on kalsiumatomin ja kalsiumionin rakenteessa?

b) Millaisia eroja puolestaan on fluoriatomin ja fluoridi-ionin rakenteiden välillä?

7.15 Ratkaise elektronegatiivisuuseron avulla, ovatko seuraavat yhdisteet ionisidoksellisia vai kovalenttisia yhdisteitä. Merkitse vastauksesi vastausviivoille.

kaliumkloridi (KCl)	hiilidioksidi (CO_2)
magnesiumkloridi ($Mg(Cl)_2$)	typpimonoksidi (NO)

7.16 Miksi happikaasumolekyyli (O_2) on ulospäin sähköisesti neutraali, kun taas vesimolekyylillä (H_2O) on havaittavissa kaksi sähköisesti erimerkkistä päätä (dipolia)?

7.17 Erään kiinteän aineen sulamispiste on 1 440 °C. Aine ei liukene veteen eikä poolittomiin nesteisiin. Se kuitenkin johtaa sähköä ja lämpöä. Onko aineen rakenneosasten välinen sidos on todennäköisimmin

a) kovalenttinen b) ionisidos c) metallisidos? Perustele.

7.18 Kalsiumkloridia käytetään jäänestoon maanteillä. Kuinka on mahdollista, että samoilla aineilla saadaan aikaan matalia lämpötiloja jääseoksessa ja sulatetaan jäätä?

POHDINTATEHTÄVÄT

7.19 Voisiko tulevaisuudessa olla mahdollista liittää kaikkia materiaaleja atomitasolla yhteen ilman hitsausta tai liimaa siten, että atomien välille muodostuisi uusia ioni-, kovalenttisia tai metallisidoksia?

7.20 Miten selvittäisit seuraavat tiedot kokeellisesti:

a) Kuinka paljon kivennäisvedessä on liuenneena suoloja?
b) Kuinka paljon viherrakentamiseen käytettävässä mullassa on vettä?
c) Kummassa kahdesta jokivesinäytteestä on enemmän lietettä?

- Voiko muovi olla yhtä lujaa kuin metalli?
- Miksi betoni kovettuu?
- Mitä yhteistä on sokerilla ja paperilla?

8 Materiaalit muodostuvat yhdisteistä

Erilaisia materiaaleja hyödynnetään tekniikassa mitä erilaisimpiin tarkoituksiin. Esimerkiksi kone- ja metallialalla käytetään erilaisia epäorgaanisia metalleja ja niiden seoksia. Rakennustekniikassa taas ovat käytössä sekä epäorgaaniset materiaalit, kuten kiviainekset ja metallit, että orgaaniset materiaalit, joihin kuuluvat liimat, liuottimet, puumateriaalit ja muovit.

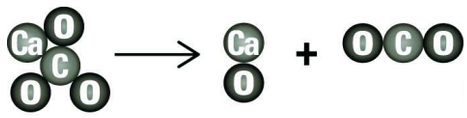
Materiaaleihin tarvitaan yhdisteitä, jotka rakentuvat alkuaineiden atomeista. Kaikki teollinen toiminta on materiaalien jalostamista ja muokkaamista. Materiaaleihin tarvittavat aineet saadaan luonnosta.

Kiviainekset ja metallit koostuvat epäorgaanisista yhdisteistä

Aineet jaetaan puhtaisiin aineisiin ja seoksiin. Puhtaat aineet ovat alkuaineita tai yhdisteitä. Puhtaat alkuaineet ovat epäorgaanisia aineita, mutta niiden muodostamat yhdisteet voivat olla joko epäorgaanisia tai orgaanisia. Epäorgaaniset yhdisteet ovat elottoman luonnon materiaaleja, kun taas elollinen ympäristömme koostuu orgaanisista yhdisteistä.

Sementin valmistaminen

Betoniseokseen tarvitaan hiekkaa, vettä ja sementtiä. Sementin raaka-aineita ovat luonnon mineraalit kalkkikivi (kalsiumkarbonaatti, $CaCO_3$), kvartsi (piidioksidi, SiO_2) ja savi, joka koostuu alumiinioksidien ja alumiinisilikaattien muodostamista kidevedellisistä yhdisteistä sekä pienistä määristä rautaa, magnesiumia ja alkali- ja maa-alkalimetalleja. Sementin raaka-aineet jauhetaan ja poltetaan uunissa (1 450 °C), jossa lähtöaineiden alkuperäinen rakenne hajoaa esimerkiksi hiilidioksidin poistuessa. Tätä kuvaa kalkkikiven hajaantumisen reaktioyhtälö:



$CaCO_3$ kalsium-karbonaatti → **CaO kalsium-oksidi** + **CO_2 hiili-dioksidi**

Reaktioyhtälössä reagoivien lähtöaineiden kaavat kirjoitetaan aina reaktioyhtälön nuolen vasemmalle puolelle ja reaktiossa syntyvät tuotteet nuolen oikealle puolelle.

Reaktioyhtälön nuoli kuvaa tapahtuvan reaktion suuntaa.

Tarkastellaan reaktioyhtälön lähtöaineiden ja reaktiotuotteiden alkuaineiden määriä seuraavassa taulukossa.

Kalkkikiven hajaantumisreaktion lähtöaineet ja reaktiotuotteet

Alkuaine	Lähtöaineet (reaktioyhtälön vasen puoli $CaCO_3$)	Reaktiotuotteet (reaktioyhtälön oikea puoli $CaO + CO_2$)
kalsium (Ca)	1	1
hiili (C)	1	1
happi (O)	3	1 + 2 = 3

Havaitaan, että reaktioyhtälön molemmilla puolilla on yhtä suuret määrät eri alkuaineiden atomeja.

Betonin kovettuminen

Kun betonia valetaan, sementin kalsiumsilikaatit reagoivat suhteellisen nopeasti veden kanssa. Tällöin sementtirakeen ympärille muodostuu kalvo, joka koostuu ensisijaisesti kalsiumsilikaattihydraateista. Betoni kovettuu, kun kalvo muodostaa kiviaineksen toisiinsa sitovan verkon, joka toimii liima-aineen tavoin rakenneosien välillä.

Kovettumisreaktio hidastuu jatkuvasti, mutta se jatkuu jopa vuosia. Lämpö ja kloridipitoinen suola, kuten ruokasuola tai meriveden suola, nopeuttavat kovettumisreaktiota. Ruokasuola (NaCl) ei kuitenkaan sovi teräsbetonin kiihdyttimeksi, koska se ruostutttaa betoniraudoitusta. Betonin kovettuminen on eksoterminen eli lämpöä vapauttava reaktio.

Juuri valettu betoni on erilaisten epäorgaanisten yhdisteiden seos, jossa tapahtuu reaktioita ilman hapen ja hiilidioksidin vaikutuksesta.

Terästä jalostetaan raudasta

Betonirakenteiden lujittamiseen tarvitaan tukiraudoituksia. Raudan sekä muiden metallien valmistaminen ja jatkojalostaminen on yksi suurimpia teollisuudenaloja maailmassa.

Rautaa käytetään teräksen raaka-aineena. Teräs on runsaasti rautaa sisältävä metalliseos, jossa on raudan lisäksi seostettuna hiiltä sekä erilaisia seosaineita, kuten nikkeliä, piitä, kromia, kobolttia, volframia, molybdeeniä, vanadiinia ja alumiinia. Teräksen hiilipitoisuus on 0,1–1,7 %. Ruostumaton teräs sisältää alle 1,20 % hiiltä, yli 12 % kromia ja jonkin verran nikkeliä.

Erilaisia teräslajeja

Raudan lisäksi seoksissa on seuraavia aineita (%-osuus)

Koostumuksen mukaan	**Koostumusesimerkki**								
	C	**Mn**	**Si**	**P**	**S**	**Cr**	**Mo**	**V**	**W**
– seostamattomat teräkset	1,05	0,20	0,20	0,020	0,020				
– hiiliteräkset (niukkahiiliset, keskihiiliset ja runsashiiliset)	0,45	0,70	0,30	0,035	0,035				
– niukasti seostetut teräkset	0,30–0,38	0,50–0,80	0,40	0,025	0,035	1,30–1,70	0,15–0,30		
– seostetut teräkset	1,3		0,5			4,2	5,0	3,1	6,4
– mangaaniteräkset	1,23	12,50	0,40						

Käyttötarkoituksen mukaan	**Kohde-esimerkkejä**
– rakenneteräkset – betoniteräs – työkaluteräkset – pikateräs – syvävetoteräs	– sillat, rakennusten kantavat osat ja työkoneiden rungot – betoniraudoitukset – erilaiset leikkuuterät sorveihin – työkalut, esimerkiksi talttojen terät – kuppimaisiksi aihioiksi muokattavat kohteet, kuten lentokoneen osat

Terästä käytetään muun muassa laivoissa, silloissa ja autoissa. Myös muut metallit, kuten kupari, alumiini, sinkki, kromi ja nikkeli, erotetaan malmikivistä sulatoissa ja jatkojalostetaan tuotteiksi käyttöömme.

Metallien valmistaminen alkaa kaivoksista, joista louhitaan ensin runsasmetallista malmikiveä. Malmikivestä erotetaan rikastamoissa pois sivukivi, minkä jälkeen malmirikaste toimitetaan metallisulattoon.

Rautamalmi saadaan muuttumaan metallisulaton masuunissa rautaoksidin ja hiilen reaktiossa sulaksi raudaksi. Masuunin lämpötila voi olla yli 1 500 °C. Kyseinen aineiden muuttuminen voidaan esittää reaktioyhtälönä:

$3C + 2F_2O_3 \rightarrow 4Fe + 3CO_2$

hiili + rautaoksidi $\rightarrow$ rauta + hiilidioksidi

Esimerkki 1 Tutkitaan reaktioyhtälön lähtöaineiden ja reaktiotuotteiden atomien määriä.

Ratkaisu: Piirretään taulukko.

Rautaoksidin pelkistyminen metalliseksi raudaksi masuunissa

Alkuaine	**Lähtöaineet (reaktioyhtälön vasen puoli) $3C + 2Fe_2O_3$**	**Reaktiotuotteet (reaktioyhtälön oikea puoli) $4Fe + 3CO_2$**
rauta (Fe)	$2 \cdot 2 = 4$	4
hiili (C)	3	3
happi (O)	$2 \cdot 3 = 6$	$3 \cdot 2 = 6$

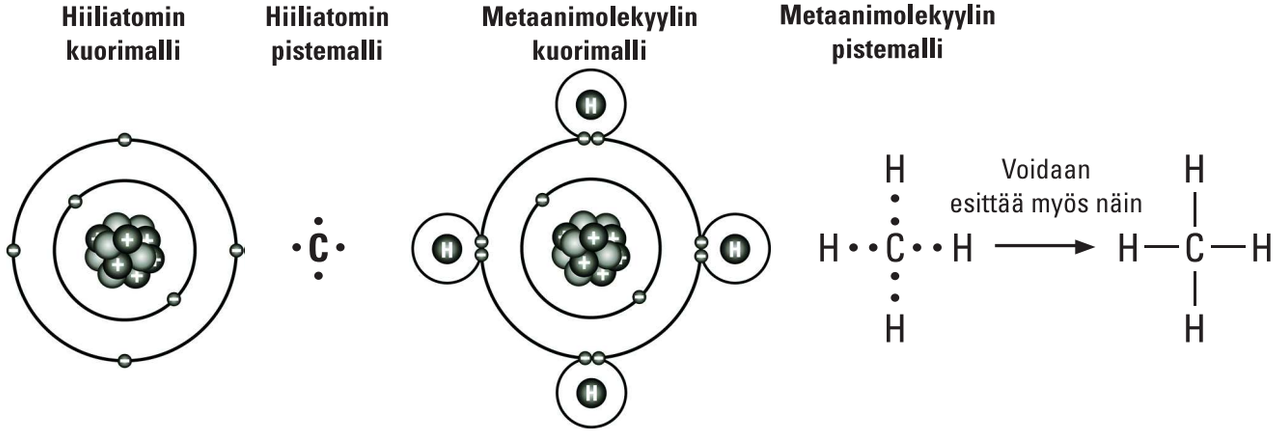
Vastaus: **Myös tässä reaktiossa kunkin alkuaineen atomeja on yhtä paljon lähtöaineiden ja reaktiotuotteiden puolella.** Rauta on lähtöaineessa sitoutuneena yhdisteeksi, mutta reaktiotuotteiden puolella se on muuttunut alkuaineeksi. Hiili on lähtöaineiden puolella alkuaineena, mutta reaktion jälkeen se on sitoutunut hapen kanssa yhdisteeksi, hiilidioksidiksi.

Orgaaniset yhdisteet ovat hiilen yhdisteitä

Eloperäistä materiaalia on esimerkiksi maaöljy, joka on muodostunut kivettyneeseen maaperään jääneistä eläimien ja kasvien jäänteistä. Maaöljy sisältää useita erilaisia orgaanisia yhdisteitä.

Maaöljyä porataan maankuoren sisään jääneistä kerrostumista.

Orgaanisen kemian perusalkuaine on hiili, joka pystyy muodostamaan kovalenttisia sidoksia neljään muuhun hiiliatomiin tai muihin atomeihin. Syntyvät molekyylit voivat olla yksinkertaisia, ketjumaisia hiilivetyjä tai monimutkaisesti haarautuneita ketjuja tai renkaita tai niiden yhdistelmiä.



Hiiliatomilla on neljä ulkoelektronia, joilla se pystyy sitoutumaan kovalenttisilla sidoksilla muihin atomeihin tai toisiin hiiliatomeihin. Oikealla on metaanimolekyyli (CH_4), jossa hiili on kovalenttisesti sitoutunut neljän vetyatomin kanssa.

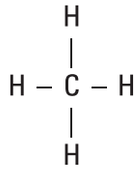
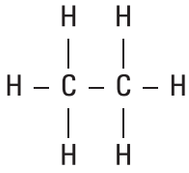
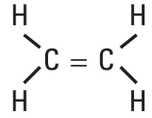
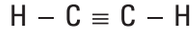
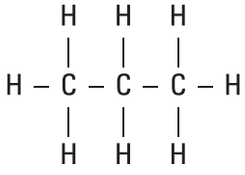
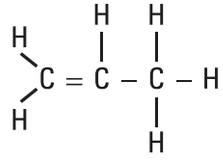
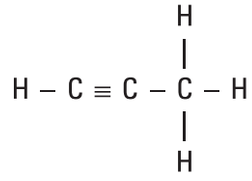
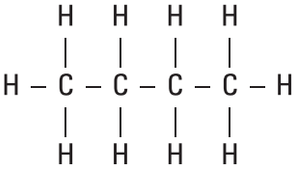
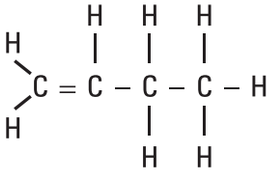
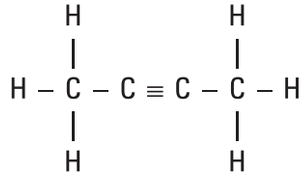
Koska hiiliyhdisteillä on kyky liittyä toisiinsa ketjuiksi ja renkaiksi, erilaisia orgaanisia yhdisteitä voi esiintyä useita miljoonia.

Orgaaniset yhdisteet ovat molekyyliyhdisteitä, jotka hajoavat melko helposti lämmitettäessä. Useat orgaaniset yhdisteet ovatkin palavia. Lisäksi orgaaniset yhdisteet ovat pääasiassa huonosti veteen liukenevia.

Alkaanit ovat yksinkertaisimpia hiilivetyjä

Pienin alkaanihiilivety on metaani (CH_4), joka muodostuu yhdestä hiiliatomista ja neljästä vetyatomista. Hiiliatomi on jakanut neljä ulommaista elektroniaan neljän vetyatomin kanssa. Kussakin neljässä sidoksessa on siis yksi elektronipari, jossa elektronit on saatu kummaltakin sitoutumiseen osallistuvalta atomilta. Seuraavat isommat alifaattiset hiilivedyt ovat etaani (C_2H_6), propaani (C_3H_8) ja butaani (C_4H_{10}). Nämä yhdisteet ovat avorunkoisia hiilivetyketjuja, jotka voidaan esittää seuraavien rakennekaavojen avulla.

Yksinkertaisimpien alifaattisten hiilivetyketjujen rakennekaavat

Alkaanit		Alkeenit		Alkyynit	
Metaani CH_4					
Etaani C_2H_6		**Eteeni** C_2H_4		**Etyyni** C_2H_2	
Propaani C_3H_8		**Propeeni** C_3H_6		**Propyyni** C_3H_4	
Butaani C_4H_{10}		**Buteeni** C_4H_8		**Butyyni** C_4H_6	

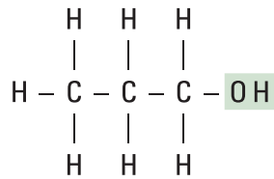
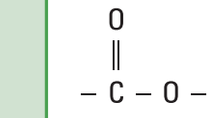
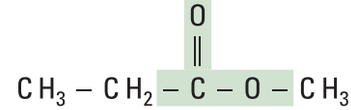
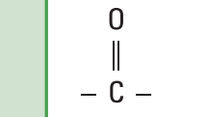
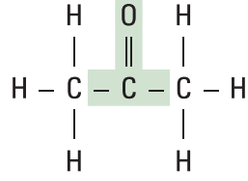
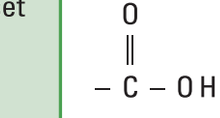
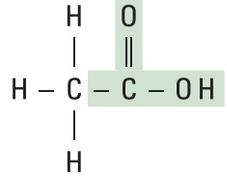
Alifaattiset hiilivedyt voivat olla rengasmaisia, jolloin puhutaan syklisistä yhdisteistä. Kun alifaattisissa hiilivedyissä esiintyy hiiliatomien välillä kaksoissidoksia, yhdisteet ovat alkeeneja. Alkyynit puolestaan ovat alifaattisia hiilivetyjä, joissa esiintyy hiiliatomien välillä kolmoissidoksia.

Yksinkertaisin alkyyni on huoneenlämpötilassa kaasumainen etyyni, jota kutsutaan myös asetyleeniksi. Sitä käytetään hitsauskaasuna polttoleikkauksessa.

Funktionaaliset ryhmät jaottelevat orgaanisia yhdisteitä

Orgaaniset yhdisteet voidaan luokitella ryhmiin samankaltaisten ominaisuuksiensa mukaan. Tällaisia ryhmiä ovat muun muassa alkoholit, eetterit, ketonit ja orgaaniset hapot. Esimerkiksi alkoholien funktionaalinen ryhmä on hydroksyyliryhmä –OH.

Muutamia orgaanisten yhdisteiden funktionaalisia ryhmiä

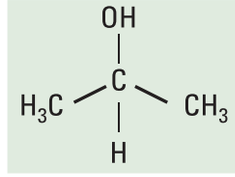
Yhdiste-ryhmä	Funktionaalinen ryhmä	Esimerkki	Tyypillisiä ominaisuuksia
Alkoholit	– O H	 1-propanoli	– hyviä liuottimia – syttyviä – liukenevat hyvin veteen – myrkyllisiä
Esterit		 metyylipropanoaatti	– tuoksuvia – valmistetaan alkoholin ja orgaanisen hapon reaktiolla – liukenevat veteen huonommin kuin orgaaniset hapot
Ketonit		 asetoni	– hyviä liuotinaineita – voimakkaan hajuisia – voidaan pelkistää alkoholeiksi
Orgaaniset hapot		 etikkahappo	– voivat luovuttaa protonin H^+ – vesiliuokset johtavat sähköä – muodostavat emästen kanssa suoloja

Alkoholeja moneen käyttöön

Sovellusten kannalta merkittäviä alkoholeja ovat metanoli, etanoli, propanoli, glyseroli ja glykoli. Metanoli (CH_3OH) on rakenteeltaan yksinkertaisin alkoholi, ja sitä käytetään liuottimena ja raaka-aineena teollisuudessa. Se on erittäin myrkyllistä ja siten vaarallista nautittuna. Aine aiheuttaa välittömästi sokeutumisen.

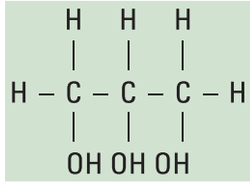
Etanolia (CH_3CH_2OH) käytetään liuotinaineena ja nautintoaineena. Se on vesiliukoinen, väritön neste, jonka kiehumispiste on 78 °C. Esimerkiksi viinin valmistuksessa etanolia muodostuu hiivan avulla tapahtuvassa käymisreaktiossa.

2-propanolia, jossa OH-ryhmä on liittynyt kolmen hiilenketjun keskimmäiseen hiileen, käytetään esimerkiksi tuulilasinpesunesteissä sekä jäänestoaineena bensiinin seassa. 2-propanoli ei ole tarkoitettu nautittavaksi.



2-propanoli

Glykoli ja glyseroli ovat niin sanottuja useampiarvoisia alkoholeja. Niissä samassa molekyylissä on kaksi tai kolme OH-ryhmää. Glyseroli on myrkytön, öljymäinen, ilmasta kosteutta itseensä sitova ja makean makuinen neste, jota käytetään esimerkiksi ihovoiteissa ja hammastahnoissa kosteutta sitovana aineena. Muoveissa glyseroli toimii pehmittimenä: liimoissa se estää kovettumista ja sokereissa kivettymistä. Räjähdysaineteollisuudessa sitä käytetään myös nitroglyserolin valmistukseen.



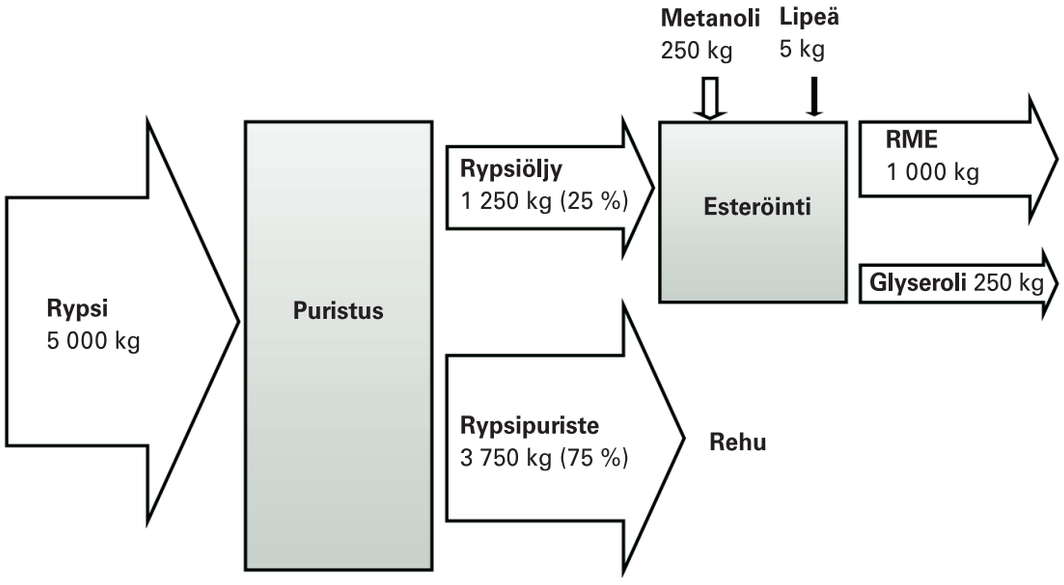
Glyseroli

Glykoli on väritön, raskasliikkeinen, hajuton neste. Sitä käytetään ajoneuvojen jäähdytysnesteessä, koska sen kiehumispiste on 198 °C ja sulamispiste –12,9 °C. Glykoli on myrkyllistä.

Tietyt funktionaaliset ryhmät, kuten –OH-ryhmä alkoholeissa ja $-NH_2$-ryhmä amiineissa, lisäävät liukoisuutta veteen. Esimerkiksi sokerien liukoisuus veteen johtuu sokerien sisältämistä –OH-ryhmistä.

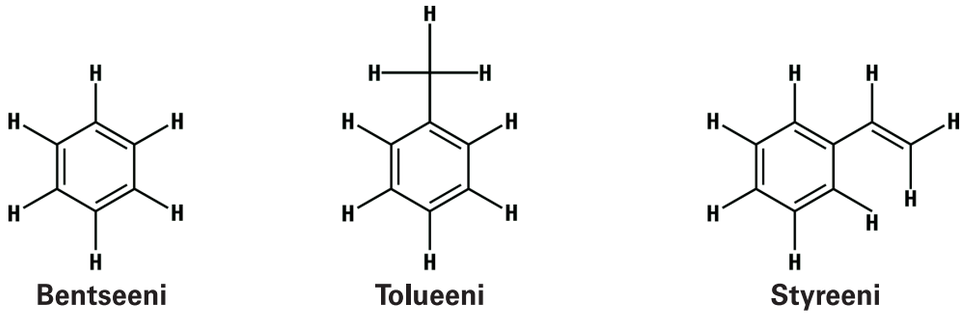
Esterit ja aromaattiset yhdisteet tuoksuvat

Monilla orgaanisilla yhdisteillä on niille ominainen tuoksu. Esimerkiksi esterit antavat hedelmille ja kukille hyvän tuoksun. Estereitä syntyy, kun alkoholit ja karboksyylihapot reagoivat keskenään. Vastaavia esteröitysmisreaktioita voidaan käyttää biodieselin valmistukseen esimerkiksi metanolin ja rypsiöljyn välillä. Biodieseliä käytetään yhä enemmän korvaamaan maaöljystä valmistettua dieselpolttonestettä.



Biodieseliä eli rypsiöljyn metyyliesteriä (RME) valmistetaan esteröimällä.

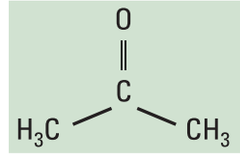
Voimakastuoksuisia yhdisteitä ovat myös orgaaniset liuottimet, kuten bentseeni, styreeni ja tolueeni. Näiden yhdisteiden rakenteessa esiintyy bentseenirengas, joka on jokaisessa aromaattisessa orgaanisessa yhdisteessä. Kun bentseenirenkaaseen liitetään yhden vedyn paikalle CH_3-ryhmä eli metyyliryhmä, muodostuu pesuaineissakin käytettyä tolueenia. Tolueenia käytetään liuottimena myös liimoissa. Jos taas bentseenin yksi vety vaihdetaan C_2H_3-ryhmään, saadaan aikaan styreenimolekyyli, josta voidaan valmistaa polymeroimalla polystyreeniä eli styroksia.



Bentseenin, tolueenin ja styreenin rakennekaavat

Ketoneilla liuotetaan

Orgaanisia liuotinaineita käytetään maali-, liima-, muovi- ja lääketeollisuudessa raaka-aineina. Yksi esimerkki liuottimista on asetoni, joka kuuluu funktionaalisen ryhmänsä puolesta ketoneihin. Asetonin (CH_3COCH_3) rakennekaava on



Asetonimolekyyli ja asetonipurkki

Orgaanisia happoja elintarvikkeissa

Elintarvikkeissa happamuus aiheutuu hapoista. Etikkahappo voi muodostua esimerkiksi viinin etanolin hapettuessa. Nykyään muurahaishappoa (HCOOH) ja etikkahappoa (CH_3COOH) valmistetaan teollisesti suuria määriä. Niitä käytetään maanteiden käsittelyyn, koska ne pitävät tiet talvella sulina ja kesällä pölyämättöminä.

Maanteiden suolaukseen käytetyt epäorgaaniset suolat ovat kuitenkin uhka pohjavesille, ja ne aiheuttavat korroosiota metallisille liikennevälineille. Epäorgaaniset suolat voidaan korvata kaliumformiaatilla eli muurahaishapon kaliumsuolalla (KCOOH), joka on biohajoavaa.

Muovit valmistetaan petrokemiantuotteista

Muovit ovat nykyisin hyvin tärkeä materiaali: niitä käytetään muun muassa kalvoissa, pusseissa, astioissa ja muissa tavaroissa. Muoveja valmistetaan petrokemian- ja öljynjalostusteollisuudessa jatkojalostustuotteina. Muovit voidaan jaotella kertamuoveihin, kestomuoveihin ja elastomeereihin.

Kestomuovilajeja

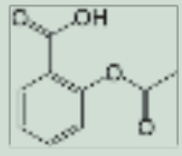
Nimi	Lyhenne		Käyttö
Akryyli	PMMA		Maalit, koristeet, lasinkorvikkeet
Polyeteeni	PE-LD PE-HD		Muovikassit, pussit, narut Putket, saavit, pullot
Polypropeeni	PP		Taloustavarat, auton osat, tekstiilit, rakennustuotteet (mm. viemäriputket)
Polystyreeni	PS		Astiat, lelut, kotelot ja rasiat, kondensaattorit
Polyvinyylikloridi	PVC		Rakennustuotteet (mm. viemäriputket), johdinten eristeet ja kaapeleiden vaipat, sadeasut
Polyamidi	PA		Vaatteet (nylon), hammasharjat, koneenosat
Polykarbonaatti	PC		Aurinkolasien linssit, muovipullot
Polytetrafluor-etyleeni	PTFE		Pinnoitteet (paistinpannujen teflonpinta), tiivisteet, kalvot

Tiivistelmä

- Aineet voidaan jakaa epäorgaanisiin ja orgaanisiin aineisiin.
- Betoni on sementin ja kiviainesten muodostama seos, joka kovettuu kemiallisten reaktioiden edetessä.
- Teräs on raudan, hiilen ja seosaineiden muodostama metalliseos.
- Orgaanisissa aineissa merkittävä alkuaine on hiili, johon liittyy vetyä, happea, rikkiä, typpeä tai muita alkuaineita.
- Hiilen muodostamia erilaisia yhdisteitä on erittäin suuri määrä.

Tehtäviä

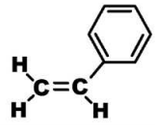
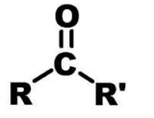
8.1 Mitkä seuraavista yhdisteistä ovat epäorgaanisia (eo) ja mitkä orgaanisia (or)? Merkitse taulukkoon eo tai or.

Yhdiste	eo/or?	Yhdiste	eo/or?
rikkihappo H_2SO_4		kaliumnitraatti KNO_3	
butaani $CH_3CH_2CH_2CH_3$		urea H_2NCONH_2	
muurahaishappo HCOOH		ruokasooda $NaHCO_3$	
suolahappo HCl		aspiriini 	

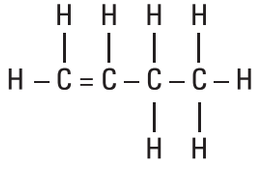
8.2 Valettava betonimassa sisältää runsaasti vettä. Mitä vedelle tapahtuu betonin kovettuessa?

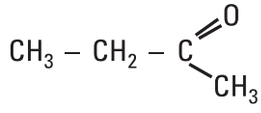
8.3 Etsi tietoa siitä, millä tavalla metalleja, kuten rautaa, alumiinia, kuparia ja nikkeliä, voidaan valmistaa kallioperästä löydetyistä malmimineraaleista.

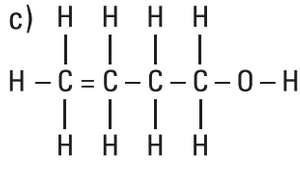
8.4 Yhdistä viivalla oikea yhdisteryhmä ja sen funktionaalinen ryhmä.

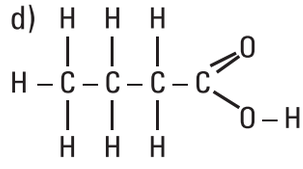
Yhdisteryhmä	Funktionaalinen ryhmä
orgaaninen happo eli karboksyylihappo	
ketoni	
alkoholi	
aromaattinen orgaaninen yhdiste styreeni	

8.5 Mikä seuraavista yhdisteistä on alkoholi?

a) 

b) 

c) 

d) 

8.6 Kuuluvatko seuraavat materiaalit epäorgaanisiin yhdisteisiin vai orgaanisiin yhdisteisiin?

a) muovipullo

b) marmori

c) messinki

d) dieselöljy

e) ulkoseinämaali

f) saumauslaasti

8.7 Mieti, millaiset kertoimet tarvitaan seuraaviin reaktioyhtälöihin, jotta sääntö ”Kummallakin puolella reaktioyhtälöä on oltava yhtä monta kappaletta kutakin alkuainetta” toteutuu:

a) $Cu + O_2 \rightarrow CuO$

b) $Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + Fe$.

8.8 Mitkä ovat lähtöaineita ja reaktiotuotteita seuraavissa reaktioissa?

a) $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

b) $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

8.9 Miten hiiliatomi pystyy sitoutumaan orgaanisissa yhdisteissä?

8.10 Mitkä seuraavista ovat orgaanisia yhdisteitä? Perustele.

a) H_2O

b) CO_2

c) C_2H_7N

d) CH_3COOH

e) $CaCl_2$

f) CH_4

8.11 Piirrä neljän yksinkertaisimman alkaanin rakennekaavat.

8.12 Mitä ero on alkeeneilla ja alkyyneillä?

8.13 Piirrä seuraavat rakennekaavat:

a) pentaani

b) penteeni

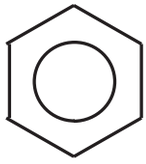
c) pentyyni.

8.14 Piirrä yksinkertaisimman alkoholin rakennekaava. Mikä yhdiste on nimeltään? Tutustu yhdisteen käyttöturvallisuustiedotteeseen internetissä.

8.15 Piirrä ja vertaile etanolin ja etikkahapon rakennekaavoja. Mitä samankaltaisuutta havaitset? Entä mitä eroja rakenteissa on?

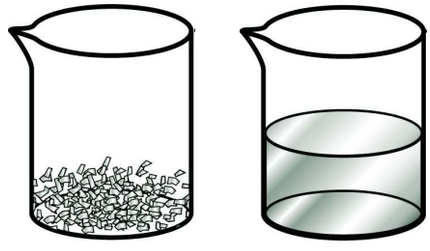
8.16 Mitä tarkoittaa, että alkoholi on useampiarvoinen?

8.17 Piirrä bentseenin rakennekaava. Voiko bentseenistä käyttää oheista merkintää?



8.18 Huoneenlämpöiseen kidevedelliseen kalsiumkloridiin $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ lisättiin huoneenlämpöistä vettä, kunnes suola liukeni. Sitten mitattiin liuoksen lämpötila. Kidevedettömään kalsiumkloridiin $CaCl_2$ lisättiin samoin vettä ja mitattiin liuoksen lämpötila.

a) Kumpi liukenemistapahtuma oli endoterminen ja kumpi eksoterminen?



b) Miten tekniikassa voitaisiin hyödyntää kyseisiä suola-vesiseoksia?

8.19 Etsi oikeat kertoimet seuraaviin reaktioyhtälöihin niin, että molemmille puolille reaktionuolta tulee samat määrät kutakin alkuainetta.

a) $Zn + HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

b) $Fe + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$

- Miten ilmoitetaan seoksen koostumus seoksen tilavuusosien tai seoksessa olevien aineiden massojen avulla?
- Miten liuoksen väkevyys muuttuu tilavuuden muuttuessa?
- Miksi suola liukenee veteen mutta bensiini ei?

9 Seossuhde ilmoittaa aineen määrän

Kaksi tai useampia ainesosia voivat muodostaa seoksen, jossa aineiden määrä voidaan esittää suhteellisesti tilavuusprosentteina tai massaprosentteina. Esimerkiksi liuoksissa olevaa aineen määrää kutsutaan liuoksen väkevyydeksi. Väkevyys voidaan esittää useilla erilaisilla yksiköillä.

Aineiden liukoisuus riippuu molekyylien rakenteesta. Sanotaan, että samankaltaiset liuokset liuottavat samanlaisia. Sähköisesti varautuneet liuosmolekyylit voivat siis liuottaa sähköisesti yhteen liittyneitä ioniyhdisteitä.

Liukoisuus riippuu aineesta, lämpötilasta ja liuottimen määrästä. Valittuun määrään vettä sopii liukenemaan vain tietty määrä suolaa, minkä jälkeen liuos tulee ylikylläiseksi. Liuenneen aineen määrä voidaan ilmoittaa massa- tai tilavuusprosentteina.

Tilavuusprosentti

Seoksessa seossuhde eli aineiden määrät voidaan imoittaa tilavuusprosentteina. Tällöin verrataan liuenneen aineen tilavuuden määrää koko liuoksen tilavuuteen ja ilmoitetaan määrä prosentteina.

Esimerkki 1 Paljonko tinneripullossa on etiketissä ilmoitettuja aineita, kun etiketissä on merkinnät ”tolueenia 60–80 %” ja ”asetonia 20–40 %”?

Ratkaisu: Tinnerin seosaineiden tolueenin ja asetonin määrät ilmoitetaan tilavuusprosentteina. Siten 1 000 ml:n liuos-tilavuudesta voi olla tolueenia 600–800 ml ja asetonia vastaavasti 200–400 ml.

Vastaus: Tolueenia 600–800 ml /l ja asetonia 200–400 ml/l.

Tilavuusprosentti

$$\text{til-\% tai vol-\%} = \frac{\text{liukenevan aineen tilavuus}}{\text{liuoksen tilavuus}} \cdot 100\ \%$$

Tilavuusprosentista käytetään merkintää ”til-%” tai ”vol-%”. Alkoholijuomien väkevyys ilmaistaan usein tilavuusprosentteina. Kun sekoitetaan etanolia ja vettä yhteen, liuoksen tilavuus ei ole täsmälleen sama kuin sekoittamattomien etanolin ja veden tilavuuksien summa, koska liuosten tiheyden muutos muuttaa myös niiden tilavuutta.

Massaprosentti

Massaprosentti

$$\text{m-\% tai p-\%} = \frac{\text{liuenneen aineen massa}}{\text{koko liuoksen massa}} \cdot 100\ \%$$

Kiinteiden aineiden seoksissa ainesosien määrät eli pitoisuus ilmoitetaan usein massa- eli painoprosentteina (m-% tai p-%). Aineen massaprosenttisuudella seoksessa tarkoitetaan aineen massan osuutta koko seoksen massasta. Massaprosenttiosuus lasketaan jakamalla liuotetun aineen massa koko liuoksen massalla ja kertomalla osamäärä sadalla.

Esimerkki 2 Ruostumaton teräs sisältää rautaa (Fe), kromia (Cr) ja nikkeliä (Ni) sekä tiettyjä muita teräksen valmistuksesta tulevia alkuaineita, kuten hiiltä (C), mangaania (Mn), piitä (Si), fosforia (P) ja rikkiä (S). Teräksen koostumuksella on suuri vaikutus siihen, kuinka hyvin se kestää erilaisissa kohteissa.

Teräksen nimike	Nro-tunnus	p-%									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Ti	Fe
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	< 0,04	< 1,00	< 2,00	< 0,045	< 0,015	16,5–18,5	2,00–2,50	10,50–13,50	0,70	> 62

Teräspalasta otettiin 100 gramman näyte, josta tutkittiin sen kromipitoisuus. Kromia oli palassa 17,5 grammaa. Oliko teräksen laatu kromipitoisuuden osalta yllä olevan taulukon mukainen?

Ratkaisu: Verrataan kromin massaa koko teräspalan massaan:

$$\text{kromin } m\text{-pitoisuus} = \frac{17{,}5\,\text{g}}{100\,\text{g}} \cdot 100\,\% = 17{,}5\,\text{p-}\%$$

Vastaus: Teräspalan kromipitoisuus oli 17,5 p-%. Koska taulukon teräksen kromipitoisuus voi olla 16,5:n ja 18,5:n painoprosentin välillä, vastaa palan koostumus taulukon mukaista terästä kromipitoisuuden osalta.

Esimerkki 3 Liuotetaan 30 ml mehutiivistettä 200 ml:aan vettä. Mikä on liuoksen mehupitoisuus tilavuusprosentteina?

Ratkaisu: Verrataan mehun tilavuutta koko liuoksen tilavuuteen:

$$\text{Mehupitoisuus} = \frac{30\,\text{ml}}{230\,\text{ml}} \cdot 100\,\% = 13{,}0\,\text{til-}\%.$$

Vastaus: Liuoksen mehupitoisuus on **13,0 tilavuusprosenttia**.

Aineiden poolisuus vaikuttaa liukenemiseen

Samankaltainen liuottaa samanlaista. **Pooliset** eli dipoliset yhdisteet liuottavat poolisia molekyylejä ja **poolittomat** poolittomia.

Aineiden poolisuudella voidaan selittää aineiden liukoisuutta. Vesi pystyy liuottamaan ruokasuolaa (NaCl), koska vesimolekyylit ovat pieniä dipoleja. Vesimolekyylin vedyt ovat positiivisesti varautuneita ja happi puolestaan elektronegatiivisuutensa vuoksi negatiivisesti varautunut. Suolamolekyylin positiiviseen natriumioniin (Na^+) vesimolekyylit tarttuvat negatiivisesti varautuneella osallaan. Negatiivisiin kloridianioneihin (Cl^-) vesimolekyylit tarttuvat suolassa positiivisilla osillaan. Näin vesimolekyylit ”repivät” ionisen suolan kappaleiksi ja suola liukenee veteen. Suola ei häviä, vaan se voidaan saada talteen haihduttamalla liuottimena toimiva vesi pois.

Eri liuottimet pystyvät liuottamaan kutakin ainetta tiettyyn rajaan saakka. Kun liukenevuudessa saavutetaan raja, on saatu aikaan niin sanottu kylläinen liuos. Esimerkiksi ruokasuolaa (NaCl) voidaan liuottaa litraan vettä (25 °C) 359 grammaa.

Bensiinimolekyylit ovat joka suuntaan sähköisesti varauksettomia. Bensiinimolekyyli on pooliton, minkä vuoksi vesi ei pysty tarttumaan siihen. Bensiini liukenee hyvin vain samantyyppiseen poolittomaan liuottimeen, kuten tolueeniin.

Liukenemisessa vapautuu ja sitoutuu energiaa

Liukenemisessa energiaa voi vapautua lämpönä, jolloin kyseessä on eksoterminen liukeneminen. Useimmiten liukeneminen kuitenkin sitoo lämpöä eli kyseessä on endoterminen liukeneminen. Esimerkki lämpöä vapauttavasta liukenemisesta on natriumhydroksidin liukeneminen veteen, jolloin astia saattaa kuumentua voimakkaasti. Tavallisen ruokasuolan liukeneminen puolestaan sitoo lämpöä.

Saostumisessa kiintoaine erottuu liuoksesta

Jos liuoksesta halutaan saostaa siihen liuennutta ainesta, liuotinta voidaan poistaa haihduttamalla. Kun liuottimen määrä on pienentynyt tarpeeksi, liuokseen liuennut aines saostuu. Toinen tapa saostaa on muodostaa liuoksessa olevasta aineesta sellaista yhdistettä, jonka liukoisuusominaisuudet ovat käytetyssä liuottimessa huonot. Esimerkiksi hopeanitraatti ($AgNO_3$) liukenee veteen. Jos tällaisesta liuoksesta halutaan ottaa hopea talteen, lisätään vesiliuokseen suolahappoa (HCl). Tällöin muodostuu veteen niukkaliukoista hopeakloridia (AgCl), joka saostuu astian pohjalle vaaleana sakkana ja voidaan erottaa seoksesta suodattamalla.

Saostamista käytetään hyväksi esimerkiksi kaivosteollisuudessa metallien rikastamisessa ja vedenpuhdistamoissa, kun puhdistettavasta vedestä poistetaan liuenneita metallisia epäpuhtauksia.

Tiivistelmä

- Seoksen koostumus ilmoitetaan myös tilavuusprosentteina ja massaprosentteina.
- Laimennoksessa liuenneen aineen ainemäärä ei muutu mutta laimentavan liuottimen määrä kasvaa.
- Liukoisuus tapahtuu samankaltaisten molekyylien välillä.
- Saostumisessa muutetaan yhdisteen liukoisuusominaisuuksia siten, että liukoisuus liuottimeen pienenee.

9.1 Miten merkitään aineen väkevyyttä tilavuusprosentteina? Ympyröi oikeat vastaukset.

a) wol% b) vol-% c) V-% d) til-%

9.2 Merkitse rastilla, mikä seuraavista merkinnöistä tarkoittaa pitoisuutta tilavuusprosentteina.

a) väkevyys 6 mol/L ☐

b) alc 4,6 % vol-% ☐

c) juuston rasvaprosentti 33 p-% ☐

d) kiviainesta asfalttibetonissa noin 90 m-% ☐

9.3 Voiko 1 tonnin painoisesta ruostumattomasta teräksestä valmistetusta esineestä ilmoittaa sen kromi- ja nikkelipitoisuudet tilavuusprosentteina?

9.4 Mitkä seuraavista väittämistä ovat tosia? Perustele vastauksesi esittämällä laskelmat.

Väittämä	tosi/epätosi
1. Vetyperoksididesinfiointiliuos pullon merkintä 6 til-% merkitsee, että 100 millilitrassa liuosta on 0,6 ml vetyperoksidia	
2. Lejeeringistä (metallien seos) määritettiin kuparin osuus. Kuparia punnittiin olevan 20 g, ja koko näytteen massa oli 470 g. Kuparia oli lejeeringissä siis noin 4,26%	
3. 0,5 litraa pesuainetta sekoitettuna 7,5 litraan vettä muodostaa 6,25 til-%:n pesuaine-liuoksen.	
4. Matti punnitsi 5 grammaa ruokasuolaa ja liuotti sen 5 litraan vettä. Tällöin liuoksen pitoisuudeksi tuli 0, 999 m-% . Veden tiheys on 1 g/ml.	

9.5 Maanäyte sisälsi seuraavia yhdisteitä: hiekkaa 3,9 kg, kosteutta 0,35 kg, suoloja 0,09 kg sekä orgaanista ainetta 0,95 kg. Kuinka suuri osuus näytteestä oli suoloja? Ilmoita tulos massaprosenttisuutena.

9.6 Auton lasipesunestettä oli jäänyt ylimäärin sitä valmistavassa tehtaassa. Tätä jäteliuosta oli 1400 litraa, ja se sisälsi 26 til-% etanolia. Kuinka paljon jätevedestä olisi tislaamalla erotettavissa etanolia, jos oletetaan, että kaikki etanoli on mahdollista erottaa tislaamalla?

9.7 Kuinka monta

a) kulta-atomia on 2 moolissa kultaa

b) rauta-atomia on rautaoksidimolekyylissä (Fe_2O_3)

c) happiatomia on kuparisulfaattipentahydraatissa ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)?

9.8 Mikä on liuoksen pitoisuus massaprosentteina, kun 25 g ainetta on liuotettu 120 grammaan liuotinta?

9.9 15 g kaliumkloridia (KCl) liuotetaan 65 grammaan vettä. Mikä on liuoksen pitoisuus massaprosentteina?

9.10 11 ml etanolia sekoitetaan 150 millilitraan vettä. Mikä on liuoksen etanolipitoisuus tilavuusprosentteina?

9.11 Lasinpesunestetiivisteen koostumus on ilmoitettu seuraavasti:

3. KOOSTUMUS JA TIEDOT AINEOSISTA		
3.1 Vaaraa aiheuttavat aineosat		
3.1.1 CAS/EY-numero ja rekisteröintinumero	**3.1.2 Aineosan nimi**	**3.1.3 Pitoisuus**
64-17-5	etanoli	50–70 %
107-21-1	1,2-etaanidioli	< 2 %
78-93-3	2-butanoni	> 2 %

Kuinka paljon 100 millilitrassa eli 1 desilitrassa on

a) etanolia millilitroina

b) 2-butanonia millilitroina?

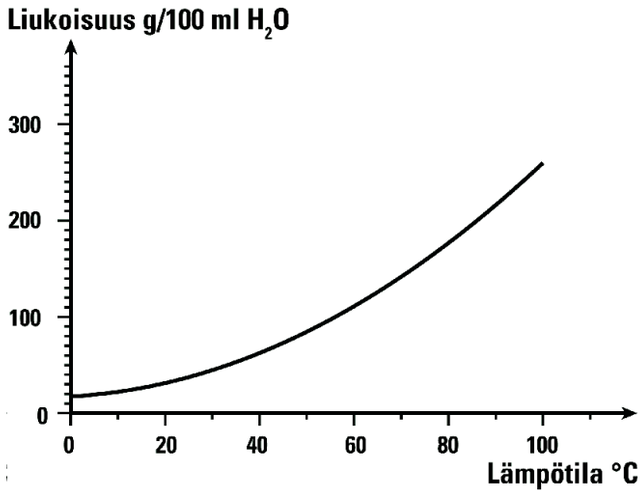
9.12 Sekoitetaan liuokseksi 5 litraa NaOH-liuosta, jonka pitoisuus on 20 %, ja 18 litraa NaOH-liuosta, jonka pitoisuus on 8 %. Mikä on syntyneen liuoksen lipeäpitoisuus?

9.13 Liukoisuutta esimerkiksi veteen voidaan kuvata liukoisuuskäyrällä, jossa ilmoitetaan liukenevan aineen määrä 100 grammaa vettä kohden.

a) Kuinka paljon KNO_3:ia liukenee 60 °C:n lämpöiseen veteen?

b) Kuinka paljon voidaan liuottaa lisää KNO_3:ia, jos liuoksen lämpötilaa kohotetaan 40 °C:sta 70 °C:seen?

c) Arvioi seuraavan kaliumnitraatin liukoisuuskäyrän avulla, voidaanko valmistaa 30 °C:n lämpöinen iuos, jossa on 350 g KNO_3:ia 300 grammassa vettä?



9.14 Rikkivety (H_2S) on erittäin myrkyllinen, kaasumainen yhdiste, jota voi muodostua esimerkiksi sulfidimineraalien reagoidessa happojen kanssa. Rikkivety voidaan sitoa veteen, johon se liukenee jossain määrin. Seuraavassa taulukossa on rikkivedyn liukoisuusarvoja, kun sitä on liuotettu 100 grammaan vettä.

Lämpötila (°C)	Rikkivedyn (H_2S) liukoisuus kaasua grammoina / 100 grammaa vettä (H_2O)
0	7,1
10	5,4
20	3,8
30	3,0
40	2,3
50	1,9
60	1,4

a) Piirrä taulukon arvoparien perusteella käyrä ja arvioi, kuinka paljon rikkivetyä voidaan saada liukenemaan 1 000 kg:aan vettä 15° C:n lämpötilassa.

b) Miten liukoisuus muuttuu, kun lämpötila kohoaa 30 °C:seen? Onko mahdollista, että rikkivetyä irtoaa vedestä lämpötilan kohotessa? Perustele.

- Miksi rauta ruostuu?
- Miksi auton kori tai naulat sinkitään?
- Miksi kupariset vesiputket muuttuvat vihertäviksi?

10 Hapettumisessa ja pelkistymisessä siirtyy elektroneja

Materiaali hapettuu ja pelkistyy, kun esimerkiksi materiaali palaa tai rauta ruostuu. Polttoaineen sisältämät hiilivety-yhdisteet moottorin sylinterissä reagoivat ilman hapen kanssa, jolloin muodostuu hapettumistuotteita, kuten hiilidioksidia ja vettä.

Hapettumis- ja pelkistymisreaktiot ovat hyvin yleisiä, ja ihminen on osannut hyödyntää niitä jo tulenteon keksimisestä lähtien. Palaminen on hapettumista, sillä siinä palavan materiaalin atomit luovuttavat elektronejaan, joita palamiseen tarvittava happi vastaanottaa. Tällöin happiatomit pelkistyvät.

Hapettumistuotteita muodostuu esimerkiksi autojen moottoreissa, kun polttoaineen sisältämät hiilivety-yhdisteet reagoivat hapen kanssa. Myös raudan ruostuminen on hapettumista. Metallien erilaisia hapettumis- ja pelkistymisominaisuuksia voidaan hyödyntää virtalähteissä ja elektrolyysikennoissa.

Ruostumisessa eli korroosiossa rauta hapettuu

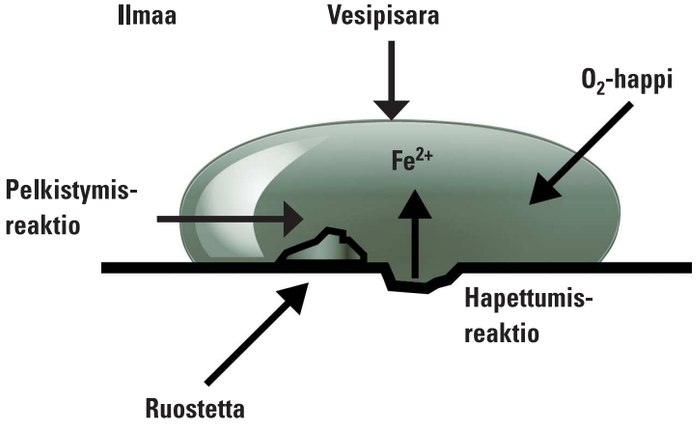
Raudan ruostuminen eli korroosio on eräs nykytekniikan suurimmista haasteista. Ruostumisen estämiseksi on muodostunut lukuisia teollisuuden aloja, kuten ruostumattoman teräksen valmistus, galvanointiteollisuus (esimerkiksi sinkityksen ja kromauksen valmistajat) ja ruosteenestomaalien valmistus.

Raudan ruostumisessa rauta reagoi hapen kanssa, jolloin tuotteena muodostuu rautaoksidia. Rauta-atomit luovuttavat reaktiossa elektroneja, ja elektronegatiivinen happi puolestaan ottaa vastaan elektroneja.

Ruosteen muodostuminen voidaan jakaa neljään vaiheeseen:

1) rauta(II)-ionien muodostumiseen,
2) hydroksidi-ionien muodostumiseen ja
3) niiden molempien reaktioon sekä
4) hapen reaktioon, jossa ruoste eli hydratoitunut rauta(III)-oksidi muodostuu.

Elektronien luovuttamista sanotaan **hapettumiseksi** ja elektronien vastaanottamista **pelkistymiseksi.**



Raudan ruostuminen eli hapettuminen kosteuden ja ilman hapen vaikutuksesta.

Ruosteen muodostumisen neljää vaihetta voidaan kuvata hapettumis-pelkistymisreaktioilla.

1) Raudan ja veden välillä tapahtuu sähkökemiallinen reaktio, jossa rauta-atomit hapettuvat rauta(II)-ioneiksi.

$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$$

rauta → rauta(II)ioni + 2 elektronia

2) Luovutetut elektronit pelkistävät veden ja hapen hydroksidi-ioneiksi.

$$4e^- + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4OH^-$$

3) Hydroksidi-ionit reagoivat rauta(II)-ionien kanssa, ja muodostuu rautahydroksidia.

$$Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2$$

rauta(II)ioni + hydroksidi → rautahydroksidi

4) Rautahydroksidi muodostaa veteen liuenneen hapen kanssa ruostetta eli rautaoksidia.

$$4Fe(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2(Fe_2O_3 \cdot H_2O) + 2H_2O$$

rautahydroksidi + happi → rautaoksidi + vesi

Rautaoksidin muodostuminen ruostumisessa

Alkuaine	Lähtöaineet = reaktioyhtälön vasen puoli $4Fe(OH)_2 + O_2$	Reaktiotuotteet = reaktion oikea puoli $2(Fe_2O_3 \cdot H_2O) + 2H_2O$
rauta	4	4
happi	8 + 2	8 + 2
vety	8	4 + 4

Taulukosta käy ilmi, että reaktioyhtälön molemmilla puolilla on jälleen yhtä paljon kutakin alkuainetta. Kyseessä on hapettumis-pelkistymis-reaktio, jossa rauta-atomit luovuttavat 2 elektronia ja happiatomit puolestaan ottavat vastaan 2 elektronia.

Elektronit eivät kuitenkaan siirry kokonaan happiatomiin vaan jäävät muodostuvan kovalenttisen yhdisteen sidoksiin ”yhteiseen” käyttöön. Kovalenttisessa sidoksessa kahdella atomilla on yhteinen elektronipari.

Ruostumisen estäminen

Raudan hapettumista eli ruostumista voidaan estää muun muassa ruostesuojausmaalauksella tai pinnoittamalla rauta sinkillä tai kromilla. Ruostumista voidaan myös estää valmistamalla sellaisia terässeoksia, joissa raudan seassa on runsaasti nikkeliä ja kromia. (Ruostumattomassa teräksessä raudan seassa voi olla 18 % kromia ja 8 % nikkeliä.) Kromiatomit reagoivat ilman hapen kanssa, jolloin teräksen pinnalle muodostuu ruostumiselta suojaava kerros.

Myös muut metallit hapettuvat. Esimerkiksi kupari hapettuu ilman hapen vaikutuksesta, jolloin sen pintaan muodostuu tummaa kuparioksidia. Aikaa myöten kuparioksidi (CuO) muuttuu ilman hiilidioksidin vaikutuksesta vihertäväksi kuparikarbonaatiksi ($CuCO_3$), minkä vuoksi kuparikatot muuttuvat hiljalleen vihertäviksi.

Hapettumiseen eli korroosioon tarvitaan hapettava aine, joka usein on ilman sisältämä happi. Korroosiota nopeuttavia tekijöitä ovat kosteus ja metallin pinnalla olevat suolat, hapot tai emäkset. Tiesuolausta onkin vähennetty siksi, etteivät teitä käyttävät autot ruostuisi nopeasti.

Aineen hapettuessa jokin toinen aine aina pelkistyy eli ottaa vastaan hapettuvan aineen luovuttamat elektronit. Raudan ruostuessa pelkistyvänä aineena on happikaasu, joka ottaa vastaan elektroneja ja muuttuu vedessä hydroksidiksi.

Ruostesuojaus pidentää auton käyttöikää

Auton ruostesuojaus tehdään auton korin suojaamiseksi ruostumista vastaan. Ruostesuojauksen voi tehdä autonvalmistaja, tai se voidaan tehdä jälkeenpäin.

Aiemmin autoja ei tehtaissa juuri ruostesuojattu, mutta nykyään autonvalmistajat ja maahantuojat ovat alkaneet ruostesuojata autoja erilaisilla suoja-aineilla tai korirakenteiden sinkityksellä. Jälkikäteen tehtävässä ruostesuojauksessa yleensä käsitellään pohja- ja kotelorakenteet ruostesuojausaineilla. Suoja-aineet estävät hapen ja kosteuden pääsyn raudan pinnalle, jolloin hapettumis- ja pelkistymisreaktioita ei pääse tapahtumaan.

Autonvalmistajat antavat uusille autoille ns. puhkiruostumattomuus-takuun. Takuuehdoissa saatetaan kieltää tietyt ruostesuojaus-menetelmät tai vaatia, että kaikki ruostesuojaukseen liittyvät työt on teetettävä merkkiliikkeessä, jotta takuu säilyisi. Hyvin pidetty auto ei ruostu puhki takuuaikana. Ruosteenesto on hyvä tapa pidentää auton käyttöikää ja arvoa.

Auton ruostumista lisäävät muun muassa teiden suolaus ja auton puhtaanapidon laiminlyönti. Pohjois-Suomessa, jossa teitä ei suolata yhtä paljon kuin muualla, ruostuminen on vähäisempää.

Ruostesuojauksessa on seuraavia työvaiheita:

1. Auton pohja pestään niin, että vanha irtomassa lähtee pois, ja kuivataan.
2. Korjataan ruostumaan päässeet rakenteet.
3. Koteloihin sumutetaan kotelonsuoja-aine.
4. Pohjaan laitetaan tartunta-aineeksi ohut kotelonsuoja-aine.
5. Auton pohjaan ruiskutetaan paksumpi alustamassa kotelonsuojan päälle.
6. Lopuksi kuivatetaan pohja huolellisesti ja perinpohjaisesti.

Hyvän ruostesuojauksen tekeminen kestää kahdesta kolmeen päivää, sillä aikaa kuluu tarvittaviin purkutöihin, perusteelliseen pesuun, koneelliseen kuivatukseen, tarvittavien ruostevaurioiden korjaamiseen ja varsinaiseen ruostesuojaukseen. Lopuksi auto vielä pestään ja tarkastetaan ennen luovutusta. Huolellisesti tehtynä ruostesuojaus voi kestää viidestä kuuteen vuotta.

Palaminen on hapettumista

Palaminen eli aineen reagoiminen hapen kanssa on esimerkki hapettumis-pelkistymisreaktiosta. Hapen kanssa reagoiva eli palava aine luovuttaa elektroneja hapelle eli hapettuu. Happi pelkistyy vastaanottaessaan elektroneja.

Esimerkki 1 Mitä yhdisteitä muodostuu nestekaasun propaanin palaessa?

Ratkaisu: Nestekaasu, joka voi olla suurimmaksi osaksi propaania, reagoi hapen kanssa palaessaan reaktioyhtälön mukaisesti:

$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

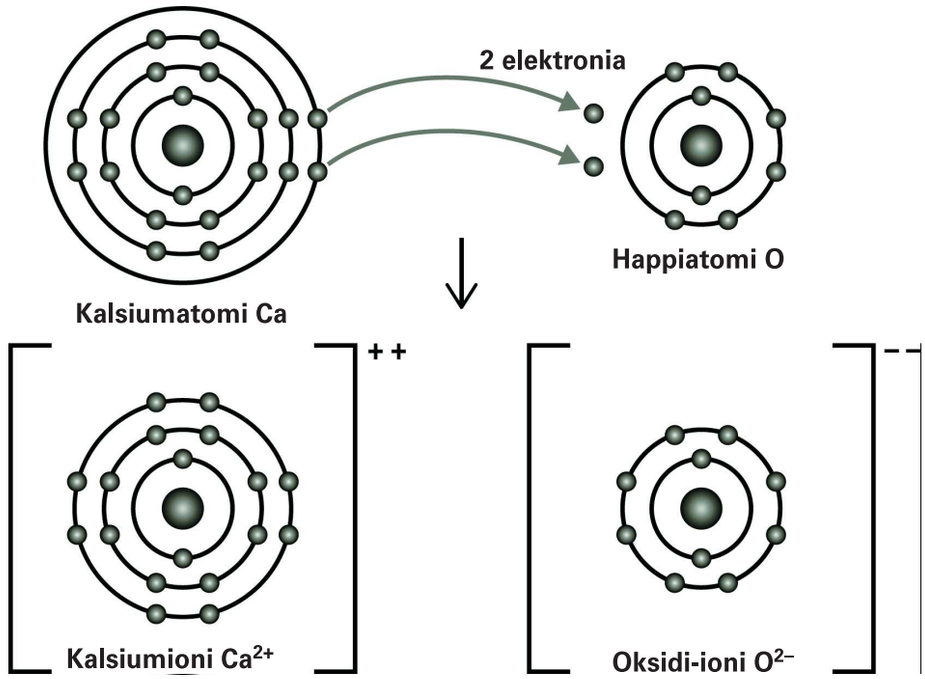
propaani + happi → hiilidioksidi + vesi

Puhtaassa palamisessa happea on riittävästi, jolloin reaktion tuotteina saadaan kaasumaista hiilidioksidia ja vesihöyryä.

Vastaus: Propaanin palaessa muodostuu **hiilidioksidia ja vettä**, jos käytettävissä on riittävästi happea.

Metallien sähkökemiallinen jännitesarja kertoo metallien jaloudesta

Metallit yleensä hapettuvat eli toimivat pelkistiminä. Tällöin niiden elektronikuorilta irtoaa alkuaineen ja reaktion mukaan yhdestä kolmeen elektronia.



Kun kalsiumatomi hapettuu, se luovuttaa elektronejaan ja samalla se toimii pelkistimenä.

Eri metalleja on tutkittu ja vertailtu niiden hapettumisominaisuuksien eli pelkistyskyvyn mukaan. Tutkimustulosten perustella metallit voidaan asettaa järjestykseen niiden pelkistyskyvyn (eli toisaalta elektronien luovutushalukkuuden) pohjalta. Tällöin helpoimmin elektroninsa luovuttava litium-metalli sijoittuu sarjan vasempaan reunaan ja huonoimmin hapettuvat metallit (platina (Pt) ja kulta (Au)) oikeaan reunaan. Näin saadaan niin sanottu metallien sähkökemiallinen jännitesarja.

Li, K, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Sn, Pb, H, Cu, Ag, Pt, Au

epäjalot metallit — jalot metallit

——— Pelkistymiskyky pienenee ⟶

Epämetalli vety (H) vertailuaineena jakaa sähkökemiallisen jännitesarjan kahteen osaan: Sähkökemiallisessa jännitesarjassa vedyn vasemmalla puolella olevia metalleja kutsutaan epäjaloiksi metalleiksi ja vedyn oikealla puolella olevia jaloiksi metalleiksi. Metallin jalous voidaan testata happojen avulla, sillä epäjalojen metallien reaktioissa happojen kanssa vapautuu vetyä. Jaloja metalleja on maaperässä alkuaineina, kun taas epäjaloja yleensä on vain yhdisteinä.

Lapin kultahiput ovat puhdasta kultametallia, joka ei jaloutensa ansiosta ”ruostu” eli hapetu.

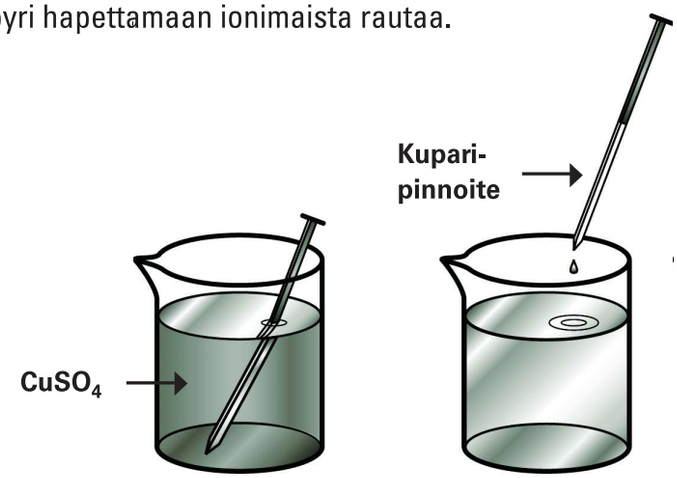
Metallien halukkuus luovuttaa elektroneja vaihtelee sähkökemiallisen jännitesarjan mukaisesti. Epäjalot metallit luovuttavat elektroneja helposti mutta jalot metallit heikosti. Tätä metallien ominaisuutta sovelletaan sähkövirran synnyttämiseen paristossa.

Esimerkki 2 Kun rautanaula asetetaan kuparisulfaattiliuokseen, tapahtuu kemiallinen reaktio. Reaktiossa sähkökemiallisen jännitesarjan jalomman metallin eli kuparin ionit ottavat vastaan elektroneja (= pelkistyvät) ja rautanaulan pinnalle muodostuu kuparipinnoite.

Samanaikaisesti tapahtuu hapettumista eli elektronien luovuttamista. Toinen reagoiva aine on tässä tapauksessa rautanaulan rauta. Rauta-atomit luovuttavat elektroneja ja liuokseen muodostuu rautaioneja.

$$Fe + Cu^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Cu$$

Jos taas kuparinaula asetetaan rautasulfaattiliuokseen, reaktiota ei tapahdu, sillä kupari jalompana metallina on nyt atomimuodossa eikä pyri hapettamaan ionimaista rautaa.

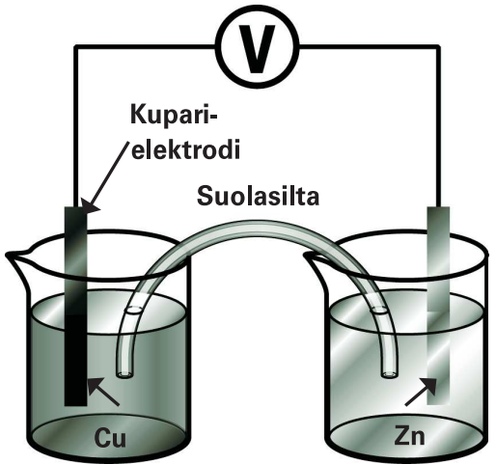


Sähköä kemiallisesta parista

Hapettumis-pelkistymisreaktioiden avulla voidaan saada aikaan jännite. Akuissa hapettumis-pelkistymisreaktioiden kautta muodostuu akun toisiin kennoihin elektronien ylimäärä ja toisiin elektronien vajaus. Jos akun positiivisen ja negatiivisen navan välinen virtapiiri suljetaan, jännite-eron vaikutuksesta elektronien ylimäärä alkaa purkautua kohti positiivista akun napaa. Tällöin johtimeen syntyy sähkövirta. Kun sähkövirta kulkee virtapiirissä, siihen mukaan kytketty lamppu syttyy palamaan.

Yksinkertaisimmassa sähkövirtaa tuottavassa sähkökemiallisessa parissa eli galvaanisessa kennossa on kaksi erilaista metallisauvaa ioneja sisältävässä liuoksessa, kuten suola- tai happoliuoksessa. Ioneja sisältävää liuosta kutsutaan elektrolyyttiliuokseksi.

Elektrolyyttiliuoksessa ionit kuljettavat liikkuessaan sähkövarauksia, eli varausten liike on sähkövirtaa. Yksinkertainen pari saadaan käyttämällä kupari- ja sinkkisauvaa.



Kuparisulfaatti-liuos $CuSO_4$

Sinkkisulfaatti-liuos $ZnSO_4$

Sähkökemiallinen pari eli galvaaninen kenno muodostuu hapettuvasta metallista ja pelkistyvästä metallista, jotka on sijoitettu kyseistä metallisuolaa sisältäviin liuoksiin. Liuokset on yhdistetty suolasillalla, jonka kautta reaktioissa muodostuneet ionit pääsevät siirtymään.

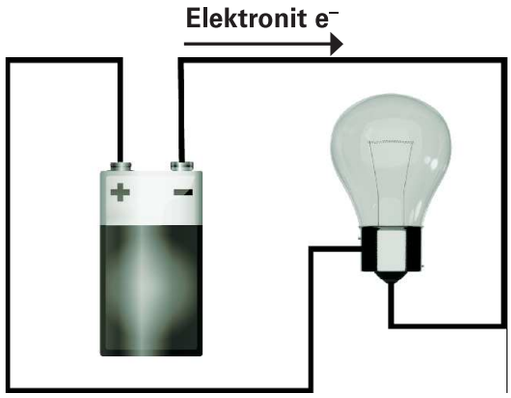
Taskulampuissa ja erilaisissa soittimissa käytettävät paristot ovat niin sanottuja kuivapareja. Pariston sisällä on kerros mangaanidioksidijauhetta (MnO_2) ja elektrolyyttinä esimerkiksi ammoniumkloridiliuosta (NH_4Cl). Pariston ulkokuori on sinkistä valmistettu lieriö (negatiivinen kohtio eli napa), ja positiivisena kohtiona toimii mangaani. Reaktiossa sinkki hapettuu ja mangaani pelkistyy:

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$

sinkkiatomi → sinkki-kationi + elektroneja

$$Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$$

mangaani-kationi + elektroneja → mangaaniatomi



Paristosta saadaan virtapiiriin sähkövirtaa.

Auton lyijyakku sisältää lyijylevykennoja, joissa on väkevää rikkihappoa elektrolyyttinä.

Auton lyijyakussa elektrolyyttinä on rikkihapon vesiliuos, johon on upotettu lyijylevyjä. Kun akkua ladataan, negatiivisesti varatuille lyijylevyille pelkistyy lyijyatomeja. Kun akkua käytetään, negatiivisesti varatuilla lyijylevyillä tapahtuu lyijyatomien hapettumista ioneiksi ja syntyy sähkövirtaa.

Akkuihin ja paristoihin varastoidaan sähkövarausta. Kun kemiallisen hapettumis-pelkistymisreaktion annetaan tapahtua, saadaan sähkövirtaa vaikkapa moderneihin sähköautoihin.

Kehittynyttä akkutekniikkaa soveltava sähköauto minimoi pakokaasupäästöt.

Elektrolyysillä metallia

Elektrolyysi
on ilmiö, jossa sähkövirran avulla aiheutetaan kemiallisia reaktioita sähköä johtavassa elektrolyyttiliuoksessa.

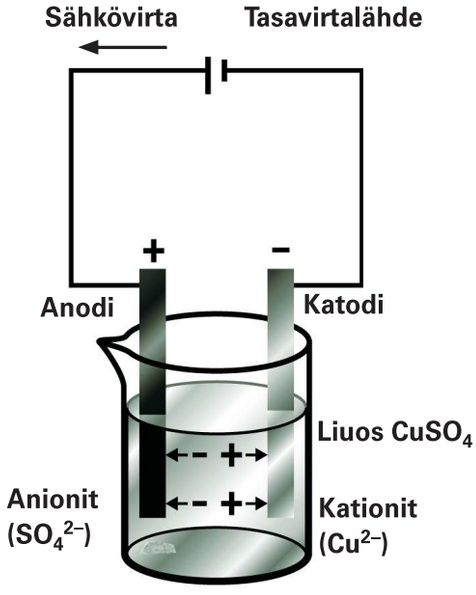
Kemiallisen parin reaktio aiheuttaa virtapiiriin sähkövirran. On myös mahdollista tehdä päinvastoin eli aiheuttaa kemiallinen reaktio sähkövirran avulla. Tätä tapahtumaa kutsutaan elektrolyysiksi.

Elektrolyysillä voidaan valmistaa erittäin puhtaita alkuaineita ja päällystää halvoista metalleista valmistettuja esineitä toisilla metalleilla.

Esimerkiksi puhtaan kuparin valmistus perustuu elektrolyysiin. Elektrolyyttiliuoksessa kupari-ionit vastaanottavat altaaseen syötetystä sähkövirrasta elektroneja ja pelkistyvät metalliseksi kupariksi elektrolyysilaitteiston negatiivisella katodilla:

Cu^{2+} + 2^{e-} → Cu

kupari-ioni liuoksessa + 2 elektronia → metallinen kupari



Elektrolyysikennossa kuparin elektrolyysissä kupari-ionit (Cu^{2+}) pelkistyvät metalliseksi kupariksi.

Metallin päällystämisestä suojaavalla ja helpommin hapettuvalla metallilla, sinkillä, käytetään nimitystä galvanointi. Teräs sinkitään, koska sinkkikerros raudan pinnalla hapettuu ensin ja samalla sinkin alla oleva rauta on suojattu hapen hapettavalta vaikutukselta. Sinkkisuojauksella pinnoitetaan muun muassa rautanauloja ja auton koreja.

Tiivistelmä

- Hapettumisessa aine luovuttaa elektroneja, ja pelkistymisessä aine ottaa vastaan elektroneja.
- Kun rauta ruostuu, rauta-atomit luovuttavat elektroneja eli hapettuvat.
- Metallit voidaan järjestää pelkistämiskykynsä perusteella metallien jännitesarjaksi.
- Jalometallit eivät luovuta mielellään elektroneja, eli ne eivät hapetu. Epäjalot metallit taas hapettuvat helposti.
- Ruostesuojaus voidaan tehdä pinnoittamalla (maalit), pinnoittamalla epäjalommalla metallilla (galvanointi) tai valmistamalla metalliseos, joka ei ruostu (ruostumaton teräs).

Tehtäviä

10.1 Täydennä virkkeet vihjesanoilla.

Palaminen on _____ .	hapettuu
Ruostuessaan rauta _____ .	pelkistymisestä
Galvanoinnissa sinkki _____ .	hapettumista
Kun aine vastaanottaa elektroneja, on kyse _____ .	hapettumis-pelkistymisreaktioita
Elektroninsiirtoreaktiot ovat _____ .	pelkistetty
Sähköjohdon metallinen kupari on kupariyhdisteistä. _____ .	pelkistyy

10.2 Mikä seuraavista on oikein? Rastita oikea vaihtoehto.

a) Hopean tummuessa se pinnoittuu oksidikerroksella eli hopea hapettuu. ☐

b) Sähkökemiallisessa jännitesarjassa on esitetty kaikki halogeenit ja jalokaasut. ☐

c) Kupari on jalompi metalli kuin kromi. ☐

d) Elektrolyysikenno tuottaa sähköä samalla, kun siinä voidaan pinnoittaa metalliesineitä. ☐

10.3 Ympyröi seuraavista merkinnöistä ne aineet, jotka ovat hapettuneet, jos verrataan kyseisen aineen puhtaisiin atomeihin

Cu , Co^{+}, Fe^{+}, Fe^{3+}, Al, Zn, Cl^{-}, O^{2-}, Zn^{2+}

10.4 Etsi tietoa eri lähteistä ja kirjoita lyhyet kuvaukset teollisista menetelmistä, joilla valmistetaan

a) rautaa

b) kuparia

c) alumiinia.

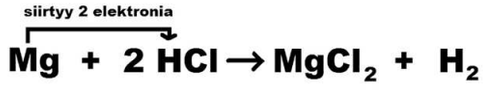
10.5 Vastaa kysymyksiin.

a) Mitä tapahtuu aineen atomeille sen hapettuessa?

b) Mitä aineelle tapahtuu, kun se vastaanottaa elektroneja?

c) Kun halutaan pelkistää metalleja, mitä tulee reaktioon lisättävän pelkistävän aineen tehdä?

10.6 Kun magnesiummetallia laitetaan suolahappoliuokseen, tapahtuu seuraava reaktio, jossa muodostuu vetykaasua



Mikä alkuaine hapettuu ja mikä pelkistyy?

10.7 a) Mitä jaloja metalleja tunnet?

b) Kerro, mitä jaloja metalleja on kotonasi ja koulussasi. Millaisissa esineissä niitä käytetään?

10.8 Millä erilaisilla keinoilla rautaa voi suojata ruostumiselta eli hapettumiselta?

10.9 Mitä aineelle tapahtuu, kun se

a) hapettuu

b) pelkistyy?

10.10 Mikä on metallien sähkökemiallinen jännitesarja?

10.11 Kumpi alkuaine seuraavissa metallipareissa hapettuu helpommin? Ympyröi oikea vaihtoehto.

a) Zn ja Fe b) Zn ja Al c) Cu ja Au

10.12 Kirjoita ionin kaava, joka muodostuu, kun

a) kalium hapettuu _____

b) happi pelkistyy _____

c) jodi pelkistyy _____

d) alumiini hapettuu. _____

10.13 Kirjoita reaktioyhtälö:

a) $Fe^{2+} + Cu$ _____

b) $Ni^{2+} + Mg$ _____

c) $Ag^{+} + Pb$ _____

d) $Zn^{2+} + Pb$ _____.

10.14 a) Mikä on sähkökemiallinen pari?

_____

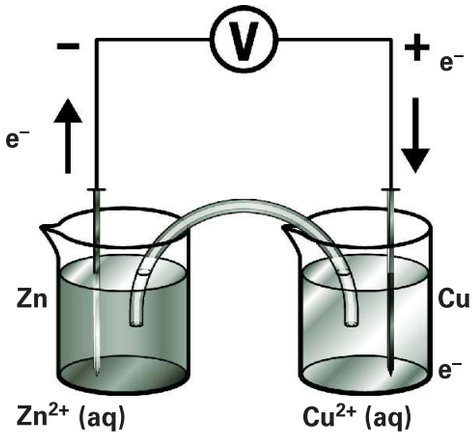
_____

b) Mitä tarvitaan sähkökemiallisen parin muodostamiseksi?

_____

_____

10.15 Kummalla galvaanisen kennon elektrodilla tapahtuu hapettuminen: sinkkianodilla vai kuparikatodilla?



_____

_____

_____

_____

10.16 Selvitä, mitä tapahtuu, kun lyijyakkua kuormitetaan. Mitä puolestaan tapahtuu akkua ladattaessa?

_____

_____

10.17 Miksi syntyy rakennusvirhe, jos taloon rakennetaan kuparilevyistä katto, joka kiinnitetään rautanauloilla?

10.18 Seuraavat yhdisteet ovat muodostuneet hapettumis-pelkistymisreaktiolla alkuaineistaan. Mikä aine on hapettunut ja mikä pelkistynyt? Perustele.

a) kupari(II)oksidi, CuO

b) rautasulfidi, FeS_2

c) alumiinikloridi, $AlCl_3$

d) natriumbromidi, NaBr.

10.19 Päättele metallien sähkökemiallisen jännitesarjan perusteella, mitä tapahtuu, kun

a) pala magnesiumnauhaa pudotetaan sinkkikloridiliuokseen $ZnCl_2$

b) pala sinkkimetallia laitetaan magnesiumkloridiliuokseen $MgCl_2$.

10.20 Kirjoita reaktioyhtälö etanolin täydellisestä palamisesta, kun etanolin (C_2H_5OH) ja hapen reagoidessa syntyy hiilidioksidia ja vettä.

_____ C_2H_5OH + _____ $O_2 \rightarrow$ _____ _____ + _____

10.21 Täydennä seuraaviin reaktioihin tuotteet ja kertoimet.

a) $Mg + O_2 \rightarrow$ _____

b) $Al + O_2 \rightarrow$ _____

10.22 Miksi sitruunasta saadaan sähköä, jos siihen upotetaan sinkkimetallilevy ja kuparimetallilevy? Mitä tapahtuu, jos levyt kytketään johtimilla LED-lamppuun?

10.23 Mikä ero on galvaanisen kennon ja elektrolyysikennon toiminnassa?

10.24 Mitkä seuraavista reaktioista ovat hapettumis-pelkistymisreaktioita? Ympyröi oikeat vaihtoehdot.

a) $Ca^{2+} + 2F^- \rightarrow CaF_2$

b) $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

c) $NH_3 + H^+ \rightarrow NH_4^+$

d) $Fe^{2}+ + Cu \rightarrow Fe + Cu^{2+}$?

10.25 Propaanin palamisessa syntyy hiilidioksidia ja vettä. Kuinka paljon 11 kg:sta propaania muodostuu hiilidioksidia kilogrammoina?

Reaktioyhtälö: $C_2H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

Vinkki: Laske ensin propaanin ainemäärä ja muodosta verranto ainemäärien ja reaktioyhtälön kertoimien avulla.

POHDINTATEHTÄVÄT

10.26 Voitaisiinko raudan hapettuminen tulevaisuudessa kokonaan estää jonkin pintakäsittelyn tai aineen avulla?

a) Mitä haittaa olisi siitä, että laivat, autot, sillat ja talojen teräsrakenteet pysyisivät ruostumattomina?

b) Mitä hyötyä olisi siitä, että laivat, autot, sillat ja talojen teräsrakenteet pysyisivät ruostumattomina?

TUTKIMUSTEHTÄVÄT

10.27 Selvitä rautanaulan kohtalo erilaisissa liuoksissa.

Laita rautanaulat astioihin, joissa on

a) vettä puoleen väliin naulan pituutta

b) suolaliuosta (vettä + ruokasuolaa) puoleen väliin naulan pituutta

c) suolaliuosta (vettä + ruokasuolaa) puoleen väliin naulan pituutta ja kuparinaula.

d) Upota rautanaula veteen, jonka päällä on kerros ruokaöljyä.

Mitä nauloille tapahtuu muutaman päivän kuluessa?

10.28 Miten metalliesine pinnoitetaan kuparilla elektrolyysin avulla?

10.29 Miten perunasta ja sitruunasta saadaan syntymään sähköä?

10.30 Hopeaesineet kiillotetaan seuraavasti: Tummuneet esineet laitetaan rypistetyn alumiinifolion päälle astiaan. Päälle kaadetaan kuumaa vettä, kunnes esineet ovat veden peitossa, minkä jälkeen veteen lisätään ruokasuolaa ja reaktion annetaan tapahtua.

Mitä hopeaesineille tapahtuu ja miksi?

Huuhtele lopuksi hopeaesineet huolellisesti puhtaalla vedellä.

- Miksi auton lyijyakun liuos on syövyttävää?
- Miksi maito muuttuu pilaantuessaan pahanmakuiseksi?
- Mitä erilaisia happoja tunnet ympäristöstäsi?
- Miten selvität, onko liuos hapanta vai emäksistä?

11 Happamuus ja emäksisyys ovat vesiliuosten ominaisuuksia

Happamuus ja emäksisyys ovat kemiallisia ominaisuuksia, jotka ovat keskeisiä jokapäiväisessä elämässä. Ihminen tarvitsee muun muassa vettä, jonka tulisi olla neutraalia eli pH-arvoltaan noin 7.

Useat kemialliset reaktiot vaativat tapahtuakseen sopivan happamat tai emäksiset olot. Happojen ja emästen valmistaminen on kemian teollisuuden merkittävimpiä tuotannonaloja. Happoja ja emäksiä tarvitaan esimerkiksi metallien käsittelyssä sekä muovien, vedenpuhdistuskemikaalien ja lääkkeiden valmistuksessa.

Hapoilla ja emäksillä voidaan säätää happamuutta ja emäksisyyttä. Esimerkiksi piirilevyjen valmistuksessa tarvitaan happoja ja savukaasujen puhdistuksessa rikkidioksidin poistamiseen käytettyjen liuosten säätämiseen käytetään emäksiä.

Hapot ja emäkset

Autossa sähköä voidaan varastoida lyijyakkuun. Akun sisällä oleva liuos on voimakkaasti syövyttävää. Vastavaletun betonin seassa oleva vesiliuos voi tuntua ”liukkaalta”. Liukkaus johtuu emäksisestä yhdisteestä, kalsiumhydroksidista ($Ca(OH)_2$). Emäksisiä yhdisteitä käytetään myös muun muassa pesuaineissa ja viemäriputkien tukoksia liuottavissa aineissa. Useat luonnon marjat ja hedelmät, kuten puolukka ja sitruuna, taas maistuvat happamilta.

Liuoksessa oleva vetyioni aiheuttaa liuoksen happamuuden. Esimerkiksi suolahapon (HCl) hajaantuessa vedessä kaikista suolahappomolekyyleistä irtoaa vetyioni vesiliuokseen.

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$

suolahappo → protoni + kloridi-ioni

Happamuuden aiheuttavat kemialliset yhdisteet, joita kutsutaan hapoiksi. Kotitalouksissa käytössä olevat happamat ja emäksiset aineet ovat suhteellisen vaarattomia.

Ota huomioon käyttöohjeet!

Teollisuudessa happoja ja emäksiä käytetään erilaisissa prosesseissa, joissa niiden avulla vaikutetaan prosessien oloihin. Esimerkiksi rikkihappoa (H_2SO_4) käytetään lannoitteiden, tekokuitujen ja teräksen valmistusprosesseissa.

Happo
on aina aine, joka luovuttaa protonin (H^+).

Emäs
on aina aine, joka vastaanottaa protonin (H^+).

"Ensin vesi sitten happo, ettei tule sormeen rakko!" Happoa laimennettaessa on astiaan laitettava aina ensin vettä ja vasta sitten happoa, minkä jälkeen lisätään tarvittava loppuosa laimennukseen käytettävästä vedestä.

Kaada aina happo veteen!

On olemassa sekä vahvoja että heikkoja happoja. Vahvat hapot hajaantuvat vesiliuoksessa täysin, eli niissä jokainen happomolekyyli luovuttaa protoninsa liuokseen. Vahvoja happoja ovat epäorgaaniset hapot, kuten suolahappo (HCl), typpihappo (HNO_3) ja rikkihappo (H_2SO_4). Kun valmistetaan vahvojen happojen laimennoksia, on hyvä muistaa lisätä happo veteen, ei päinvastoin.

Esimerkkejä epäorgaanisista hapoista

suolahappo	HCl
typpihappo	HNO_3
rikkihappo	H_2SO_4
fluorivetyhappo	HF
fosforihappo	H_3PO_4
hiilihappo	H_2CO_3

Heikoilla hapoilla, kuten puolukan bentsoehapolla tai sitruunan sitruunahapolla, hajaantuminen tapahtuu vesiliuoksessa vain osittain. Vapautuva protoni (H^+) on orgaanisten happojen karboksyyliryhmässä (–COOH). Koska orgaaniset hapot ovat heikkoja happoja, ne eivät ole kovin syövyttäviä.

Esimerkkejä orgaanisista hapoista

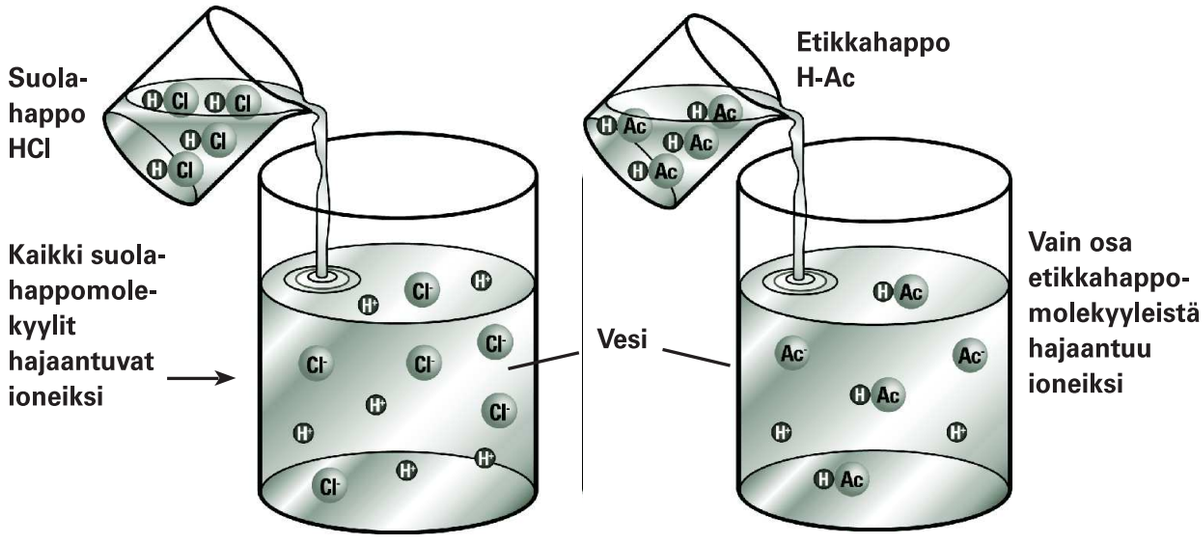
maitohappo	$CH_3CHOHCOOH$
bentsoehappo	C_6H_5COOH
sitruunahappo	$CH_2(COOH)COH(COOH)CH_2(COOH)$

Esimerkiksi etikkahappo (CH_3COOH), jota on tavallisessa ruokaetikassa, hajaantuu veteen sekoitettaessa seuraavasti:

$$CH_3COOH \rightarrow H^+ + CH_3COO^-$$

etikkahappo → protoni + asetaatti-ioni (Ac^-)

Jopa yli 90 % alkuperäisestä etikkahaposta jää hajaantumatta.



Suolahappo hajaantuu vedessä täysin, kun taas etikkahappo hajaantuu vain vähän. Suolahappo on siis vahva happo ja etikkahappo on heikko happo.

Hapoista vapautuvat protonit (H^+) eivät esiinny vedessä sellaisenaan positiivisina ioneina vaan ne tarttuvat sähköisten vetovoimien ansiosta vesimolekyyleihin. Tällöin muodostuu positiivisia ioneja, joita kutsutaan oksoniumioneiksi (H_3O^+). Tämän vuoksi vesiliuoksessa voidaan esimerkiksi typpihapolla (HNO_3) havaita seuraava hajaantumisreaktio:

$$HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + NO_3^-$$

typpihappo + vesi → oksoniumioni + nitraatti-ioni

Emäkset ovat aineita, jotka ottavat vastaan protonin (H+) ja muodostavat tällöin vettä. Esimerkiksi kalsiumhydroksidi ($Ca(OH)_2$) reagoi happamassa liuoksessa olevien protonien kanssa seuraavasti:

$$Ca(OH)_2 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + 2H_2O$$

kalsiumhydroksidi + protoni → kalsiumioni + vesi

Esimerkkejä emäksistä

natriumhydroksidi	$NaOH$
kaliumhydroksidi	KOH
kalsiumhydroksidi	$Ca(OH)_2$
ammoniakki	NH_3

Kun suolahappo (HCl) hajaantuu, samassa reaktiossa voidaan havaita sekä happo että emäs.

HCl	$\leftrightarrows$	H^+	+	Cl^-
happo		protoni		emäs
(luovuttaa protonin)				(ottaa vastaan protonin)

Tässä hapon hajaantuminen tapahtuu, kun reaktiota luetaan vasemmalta oikealle. Toisaalta emäksen yhdistyminen protoniin tapahtuu, kun luetaan reaktio oikealta vasemmalle. HCl-molekyyli ja Cl^--ioni muodostavat siis happo-emäsvastinparin.

Esimerkki 1 Mikä on seuraavien yhdisteiden vastinhappo tai vastinemäs: a) asetaatti-ioni (CH_3COO^-), b) typpihappo (HNO_3)?

Ratkaisu: a) Asetaatti-ionin vastinhappo on etikkahappo (CH_3COOH).

$$CH_3COOH \leftrightarrows CH_3COO^- + H^+$$

b) Typpihapon vastinemäs taas on nitraatti-ioni (NO_3^-).

$$HNO_3 \leftrightarrows NO_3^- + H^+$$

Vastaus: a) Asetaatti-ionin **vastinhappo on etikkahappo (CH_3COOH)**.
b) Typpihapon **vastinemäs on nitraatti-ioni NO_3^-**.

Hapot maistuvat happamilta. Hapot johtavat sähköä, värjäävät lakmusväriaineen punaiseksi ja syövyttävät useimpia metalleja.

Älä maista happoja, sillä voimakkaat hapot syövyttävät ihoa ja limakalvoja nopeasti.

Maidon happaneminen lämmön ja valon vaikutuksesta johtuu maitohappobakteereista, jotka hajottavat maidon sokeria ravinnokseen ja tuottavat samalla maitohappoa ($CH_3CHOHCOOH$). Tätä kutsutaan maitohappokäymiseksi. Bakteerien vaikutuksesta maito happanee eli sen maku muuttuu happamaksi.

pH-arvo kuvaa liuoksen happamuutta

Vesiliuos on sitä happamampaa, mitä enemmän siinä on protoneja. Protonien väkevyys voi vaihdella 0,000 000 000 000 01 mol/l:sta aina 0,1 mol/l:aan saakka. Tällaisia hyvin pieniä lukuarvoja on hankala hahmottaa, joten happamuuden kuvaamiseksi on kehitetty pH-arvo. Liuoksen protoniväkevyydestä laskettu pH-luku vaihtelee 0:n ja 14:n välillä.

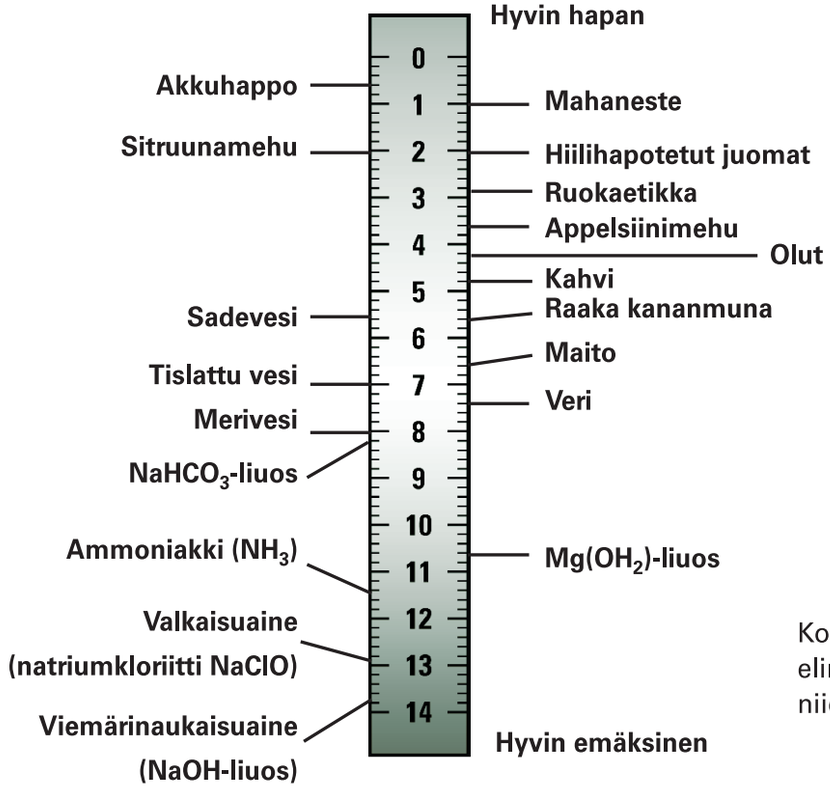
Happamien liuosten pH-arvo on pienempi kuin 7.

Emäksisten liuosten pH-arvo taas on suurempi kuin 7.

Neutraalin liuoksen pH-arvo on 7.

Ympäristömme pH-arvoja

Colajuoman pH-arvo on 2–3. Happamuuden aiheuttaa juomassa oleva hiilihappo (H_2CO_3). Näin hapan liuos aiheuttaa voimakkaan happohyökkäyksen hammaskiillettä vastaan aina, kun nautitaan hiilihappoa (H_2CO_3) sisältäviä limonadeja. Happamat juomat voivat aiheuttaa myös närästystä, sillä ne järkyttävät mahalaukun happotasapainoa ja aiheuttavat liikahappoisuutta. Oireita voidaan vähentää mahalaukun pH-arvoa säätävillä pH-tableteilla. Ne reagoivat mahahappojen kanssa siten, että mahalaukun liuoksen pH-arvo lähestyy 7:ää, jolloin mahaoireet lievittyvät.



Kodin kemikaaleja ja elintarvikkeita sekä niiden pH-arvot

pH-arvon mittaaminen

pH-paperilla voidaan mitata happamuus nopeasti

Aineiden pH-arvoa voidaan mitata eri menetelmin. Yksi käytetyimmistä mittausmenetelmistä on pH-paperi, jolla saadaan nopeasti käsitys liuoksen happamuudesta tai emäksisyydestä.

Määrityksessä otetaan pisara tutkittavaa nestettä ja tiputetaan se pH-paperin palaselle, joka on asetettu esimerkiksi talouspaperin päälle. Paperin väriä verrataan pH-paperin rasiassa olevaan asteikkoon (ks. kirjan takasisäkannesta). Väri muuttuu punaiseksi, jos tutkittava aine on hapan, ja siniseksi, jos se on emäksinen.

pH-paperilla tehtävä mittaus on nopea, mutta sen tarkkuus on vain kohtalainen, sillä värjäytyneen paperin värin tulkinta voi olla joskus hankalaa.

Indikaattorit ovat pH:n mukaan muuttuvia väriaineita

pH:n osoittamiseen käytettävät indikaattorit ovat kemiallisia yhdisteitä, joita lisätään pieniä määriä määritettävään liuokseen. pH-indikaattori toimii protonien (H^+) kemiallisena ilmaisimena. Tavallisesti indikaattorit aiheuttavat liuoksen värin muutoksen, joka riippuu liuoksen pH:sta.

Eräitä pH-indikaattoreita ja niiden värimuutos eri pH-arvoilla

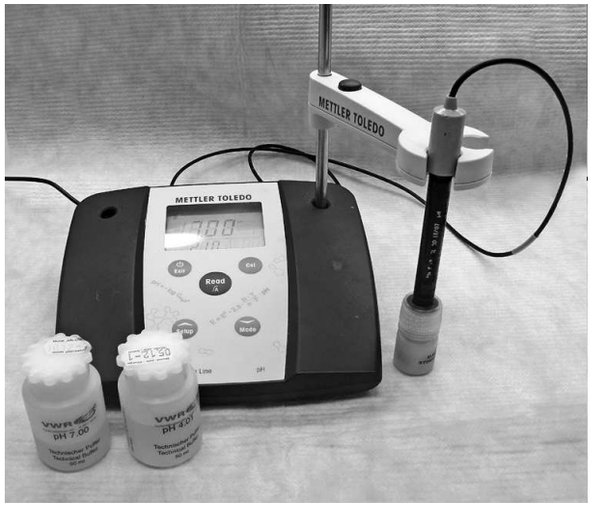
Indikaattori	Väri matalassa pH:ssa	Värinmuutosalueen pH	Väri korkeassa pH :ssa
bromitymoli-sininen eli BTS	keltainen	6,0–7,6	sininen
fenoliftaleiini	väritön	8,3–10,0	vaaleanpunainen
metyylipunainen	punainen	4,4–6,2	keltainen
punakaali	punainen	neutraalissa violetti	vihreä/keltainen

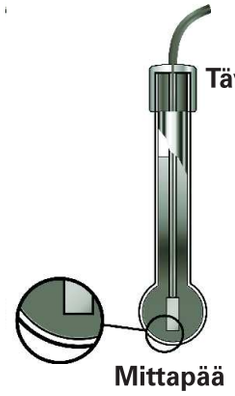
Tavallisesti pH-indikaattoreita käytetään analyyseissä, joissa mitattavaan liuokseen lisätään tarkasti tunnettu määrä reagoivaa liuosta. Kun reaktio aineiden välillä liuoksessa saavuttaa tasapainotilan, muuttuu pH-indikaattorin väri. Tällaista analyysimenetelmää kutsutaan titraukseksi. Titrauksia tehdään sekä kemiaan että biologiaan liittyvissä tutkimuksissa, kun selvitetään kemiallisia reaktioita ja niissä muodostuvien yhdisteiden pitoisuuksia. Koska värisävyn määrittäminen voi riippua mittaajasta, tarkempia pH:n mittaustuloksia saavutetaan käyttämällä pH-indikaattoreiden sijasta pH-mittareita.

pH-mittareilla voidaan mitata pH-arvoa tarkasti

pH-mittarissa on vetyioneille herkkä anturi, jonka sisällä on hopeakloridiliuosta ja kaliumkloridiliuosta. Anturissa on kaksi kohtiota, joilla heikkoa jännite-eroa anturin sisäosan liuoksen ja mitattavan näyteliuoksen väliltä voidaan mitata. Mittari laskee automaattisesti pH-arvon väkevyysmittauksen perusteella, korjaa lämpötilan pH-arvoon aiheuttaman virheen ja ilmoittaa pH-lukuarvon desimaalien tarkkuudella.

Jotta pH-mittarilla saataisiin tarkkoja mittaustuloksia, se on kalibroitava. Mittarin asteikko on säädettävä näyttämään oikeaa tulosta sellaisille liuoksille, joiden pH-arvo tunnetaan tarkasti. Näitä tarkistusliuoksia kutsutaan pH-puskuriliuoksiksi. Tavallisesti käytetään liuoksia, joiden pH-arvot ovat 4, 7 ja 10. Jos laitetta ei kalibroida, tilanne olisi sama kuin kellossa, jota ei ole asetettu näyttämään oikeaa aikaa.





pH-mittari,
pH-puskuriliuokset
sekä mittarissa käytettävä
anturi eli elektrodi

Happamuuden ja emäksisyyden merkitys tekniikassa ja teollisuudessa

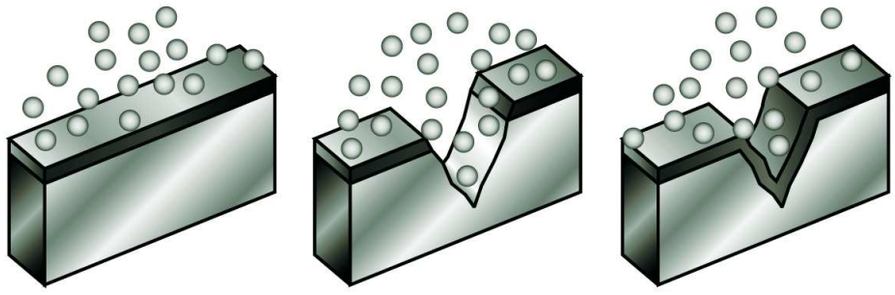
Yksi tutuimmista happojen käyttökohteista on autojen lyijyakku. Akun liuos on voimakkaasti syövyttävää rikkihappoa (H_2SO_4). Akkua käytettäessä akkuhappo luovuttaa kaksi protonia (H^+-ionia). Samalla akun negatiivisella levyllä muodostuu lyijysulfaattia ($PbSO_4$). Akkua ladattaessa reaktion suunta on päinvastainen.

$$H_2SO_4 + Pb + 2H_2O \rightarrow PbSO_4 + 2H_3O^+$$

rikkihappo + lyijy + vesi → lyijysulfaatti + oksoniumioni

Metalliteollisuudessa happoja käytetään muun muassa peitattaessa ruostumattoman teräksen pintaa. Peittauksella poistetaan ohut kerros metallia ruostumattoman teräksen pinnasta, jolloin saadaan oksiditon metallipinta käyttöön jatkokäsittelyä varten. Ruostumattoman teräksen peittaamiseen käytetään tavallisesti typpi- ja fluorivetyhapon seosta, niin sanottua sekahappoa. Peittauksella voidaan myös puhdistaa ruostumattoman teräksen hitsaussaumoja, jotka voivat värjäytyä hapettumisesta johtuvan kromipitoisuuden vähenemisen takia.

Happiatomeja ilmassa ja vedessä



Passivoitumiskerros ruostumattoman teräksen pinnalla

Ruostumattoman teräksen pinnalle muodostuu suojaava passivoitumiskerros. Kuvasarjassa teräkseen tulee lovimainen naarmu, jolloin suojaava passivoitumiskerros väliaikaisesti poistuu (ks. keskimmäinen kuva). Hapen ja ruostumattoman teräksen seosaineiden (Ni ja Cr) vaikutuksesta loveen muodostuu uutta passivoitumiskerrosta.

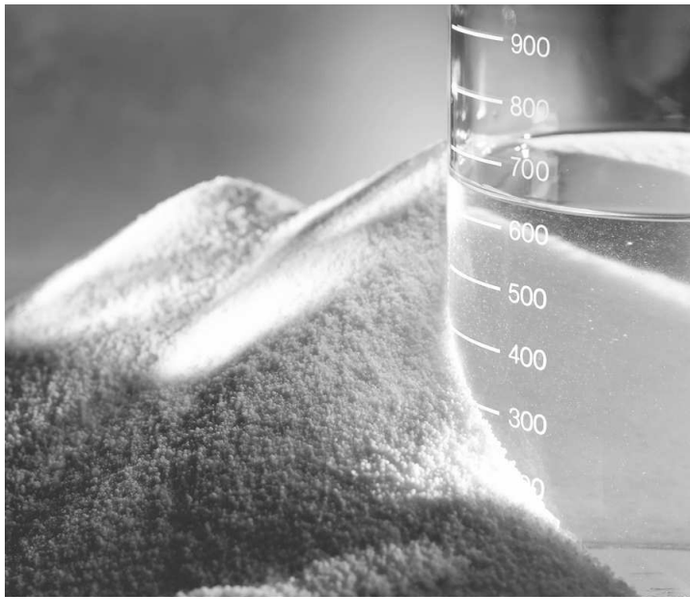
Tavallisesti ruostumattoman teräksen pinta passivoituu hitaasti oksidikerroksella. Ruostumattomalla teräksellä on ainutlaatuinen ominai-

suus: seosaineiden ansiosta sen pintaan syntyy läpinäkyvä passiivikerros. Vaikka ruostumatonta teräspintaa naarmutetaan tai muuten vaurioitetaan, tämä muutamia atomeja paksu passiivikerros uusiutuu hetkessä ilmassa tai vedessä olevan hapen vaikutuksesta, mikä selittää sen, miksi ruostumaton teräs ei vaadi mitään pinnoitusta tai muuta korroosiosuojausta pysyäkseen vuosikymmeniä kirkkaana ja kiiltävänä. Tällainen riittävän paksu ja laadukas passiivikerros voidaan muodostaa myös nopeasti passivointikäsittelyssä, joka tehdään typpihapolla.

Rakennusalalla happamuus joudutaan ottamaan huomioon, kun rakennetaan esimerkiksi uimahalleja ja kylpylöitä. Uimahallien klooripitoinen vesi yhdessä lämpimän halli-ilman kanssa aiheuttaa laimean suolahappohyökkäyksen hallien kaiteiden metallipintoja kohtaan. Rakennemateriaalit on valittava happamien olojen mukaisesti, joten kaiteet valmistetaan haponkestävästä teräksestä.

Monissa teollisuuden valmistusprosesseissa on tärkeää toimia oikealla pH-alueella. Esimerkiksi yksi karboksimetyyliselluloosan (CMC) valmistusprosessin vaihe on neutralointi. CMC:tä hyödynnetään useilla teollisuuden aloilla, sillä se pystyy pidättämään vettä, sakeuttamaan liuoksia ja muodostamaan kalvoja. CMC:tä käytetään muun muassa paperi-, pesuaine-, tekstiili- ja elintarviketeollisuudessa sekä öljynporauksessa. Esimerkiksi jäätelönvalmistuksessa voidaan käyttää CMC:tä stabilisoijana.

Teollisuuslaitosten valvomoista prosessiliuosten happamuutta ja emäksisyyttä seurataan pH-antureilla. Anturit täytyy huoltaa ja kalibroida sopivin väliajoin prosessiolojen mukaan, jotta niiden mittaustulokset olisivat luotettavia. Tällöin prosessien ohjaus onnistuu ja niiden tuloksena saadaan laadukkaita tuotteita.



CMC-jauhetta

Tiivistelmä

- Hapot ovat aineita, jotka luovuttavat protonin (H^+-ionin), ja emäkset puolestaan aineita, jotka voivat ottaa vastaan protonin.
- pH-arvo kuvaa liuoksen happamuutta.
- Happaman liuoksen pH on alle 7, neutraalin liuoksen 7 ja emäksisen liuoksen pH yli 7.
- Puskuriliuokset vastustavat liuoksen pH:n muuttumista.
- Happamuudella ja emäksisyydellä on merkitystä sekä luonnon elinympäristöjen että teollisuusprosessien toiminnalle.
- Happamuutta ja emäksisyyttä voidaan mitata pH-paperilla, pH-indikaattoreilla ja pH-mittareilla.

Tehtäviä

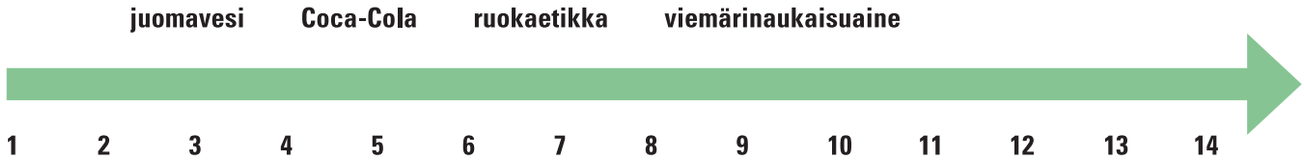
11.1 Milloin vesiliuos on hapan? Ympyröi oikeat vaihtoehdot.

a) kun siinä on enemmän OH^- -ioneja kuin H^+-ioneja

b) kun siihen on lisätty happoa enemmän kuin emästä

c) kun OH^- -ionien määrä on pienempi kuin H^+-ionien määrä

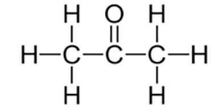
11.2 Yhdistä nuolilla pH-asteikolle seuraavat aineet:



11.3 Mikä ioni on yhteistä kaikilla hapoilla?

_____

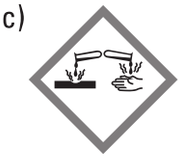
11.4 Ympyröi seuraavista molekyyleistä hapot

HF $Ca(OH)_2$ HNO_3 H_2SO_4  CH_3COOH

11.5 Minkä seuraavista varoitusmerkeistä tulee olla happo tai emäspullon etiketissä? Ympyröi oikea vaihtoehto.

a)

b)

c) 

d)

e)

11.6 Mitä tapahtuu neutraloitumisessa?

11.7 Kuinka monta millilitraa 12 t-%:n suolahappoa on lisättävä (HCl) 50 millilitraan 12 t-%:n natriumhydroksidiliuosta (NaOH)?

11.8 Millainen aine on

a) happo

b) emäs?

11.9 Kumpi luovuttaa protonin, happo vai emäs?

11.10 Nimeä seuraavat hapot ja emäkset:

HCl	NaOH
HNO_3	$Ca(OH)_2$
H_2SO_4	KOH
H_3PO_4	NH_3
HF	$Mg(OH)_2$

11.11 Onko liuos hapan, neutraali vai emäksinen, kun sen pH on

a) 1,57

b) 13,25

c) 7,00?

11.12 Miten väkevä happo laimennetaan turvallisesti?

11.13 Mitä aineita muodostuu seuraavassa neutraloitumisreaktiossa?

$HNO_3 + KOH \rightarrow$ _____ + _____

11.14 Mitä happoa ja emästä tarvitaan, jotta seuraavat suolat saataisiin muodostumaan?

a) kaliumnitraatti (KNO_3)

b) natriumsulfaatti (Na_2SO_4)

c) kalsiumfluoridi (CaF_2)

11.15 Kirjoita reaktioyhtälöt, kun

a) suolahappo ja kaliumhydroksidi neutraloituvat

b) ammoniakki ja typpihappo neutraloituvat.

11.16 Mitkä ovat seuraavien yhdisteiden vastinhapot ja vastinemäkset:

a) vetysulfaatti-ioni (HSO_4^-)

b) hydroksidi-ioni (OH^-)

c) ammonium-ioni (NH_4^+)

d) fosforihappo (H_3PO_4)?

11.17 Mikä seuraavissa reaktioissa olevista aineista on emäs ja mikä aineista on happo:

a) $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$

b) $HNO_3 + H_2O \rightarrow NO_3^- + H_3O^+$

c) $H_3PO_4 + NaOH \rightarrow NaH_2PO_4 + H_2O$?

11.18 Mitkä seuraavista reaktioista ovat neutraloitumisreaktioita? Perustele.

a) $Pb + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + 2H^+$

b) $KOH + HNO_3 \rightarrow KNO_3 + H_2O$

c) $CH_3COOH + H_2O \rightarrow CH_3COO^- + H_3O^+$

d) $H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$

11.19 Minkä hapon ja emäksen neutraloitumisessa voisi syntyä ammoniumkloridia (NH_4Cl) eli salmiakkia? Miten?

POHDINTATEHTÄVÄT

11.20 Maapallolla suuri määrä ihmisistä kärsii puhtaan veden puutteesta. Selvitä, olisiko tulevaisuudessa mahdollista puhdistaa kaikki käyttämämme vesi niin hyvin, että se voitaisiin kierrättää uudelleen juomavedeksi.

Liitteet

SI-järjestelmän perussuureet ja yksiköt

Suure	Suureen tunnus	Yksikön nimi	Yksikön tunnus
pituus	*l*	metri	m
massa	*m*	kilogramma	kg
aika	*t*	sekunti	s
sähkövirta	*I*	ampeeri	A
lämpötila	*T*	kelvin	K
valovoima	*I*	kandela	cd
ainemäärä	*n*	mooli	mol

Kerrannaisyksiköiden etuliitteet

Nimi	Tunnus	Kerroin
jotta	Y	10^{24}
tsetta	Z	10^{21}
eksa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^{9}
mega	M	10^{6}
kilo	k	10^{3}
hehto	h	10^{2}
deka	da	10^{1}

Nimi	Tunnus	Kerroin
desi	d	10^{-1}
sentti	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}
tsepto	z	10^{-21}
jokto	y	10^{-24}

Elektronegatiivisuusarvot (L. Paulingin mukaan)

H 2,1																
Li 1,0	**Be** 1,5											**B** 2,0	**C** 2,5	**N** 3,0	**O** 3,5	**F** 4,0
Na 0,9	**Mg** 1,2											**Al** 1,5	**Si** 1,8	**P** 2,1	**S** 2,5	**Cl** 3,0
K 0,8	**Ca** 1,0	**Sc** 1,3	**Ti** 1,5	**V** 1,6	**Cr** 1,6	**Mn** 1,5	**Fe** 1,8	**Co** 1,8	**Ni** 1,8	**Cu** 1,9	**Zn** 1,6	**Ga** 1,6	**Ge** 1,8	**As** 2,0	**Se** 2,4	**Br** 2,8
Rb 0,8	**Sr** 1,0	**Y** 1,3	**Zr** 1,4	**Nb** 1,6	**Mo** 1,8	**Tc** 1,9	**Ru** 2,2	**Rh** 2,2	**Pd** 2,2	**Ag** 1,9	**Cd** 1,7	**In** 1,7	**Sn** 1,8	**Sb** 1,9	**Te** 2,1	**I** 2,5
Cs 0,7	**Ba** 0,9	**La** 1,1	**Hf** 1,3	**Ta** 1,5	**W** 1,7	**Re** 1,9	**Os** 2,2	**Ir** 2,2	**Pt** 2,2	**Au** 2,4	**Hg** 1,9	**Tl** 1,8	**Pb** 1,8	**Bi** 1,9	**Po** 2,0	**At** 2,2
Fr 0,7	**Ra** 0,9	**Ac** 1,1														

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

ASETONI

Päiväys: 23.6.2011 Edellinen päiväys: -

Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti

1. AINEEN TAI SEOKSEN JA YHTIÖN TAI YRITYKSEN TUNNISTETIEDOT

1.1 Tuotetunniste

1.1.1 Kauppanimi

ASETONI

1.1.2 Tunnuskoodi

R5060

1.1.3 REACH-rekisteröintinumero

01-2119471330-49

1.2 Aineen tai seoksen merkitykselliset tunnistetut käytöt ja käytöt, joita ei suositella

1.2.1 Käyttötarkoitus

Liuotin

1.3 Käyttöturvallisuustiedotteen toimittajan tiedot

1.3.1 Valmistaja, maahantuoja, muu toiminnanharjoittaja

KIILTO OY

Katuosoite	Tampereentie 408
Postinumero ja -toimipaikka	33880 LEMPÄÄLÄ
Postiosoite	PL 250
Postinumero ja -toimipaikka	33101 TAMPERE
Puhelin	0207 710 100
Telefax	0207 710 101
Sähköposti	productsafety@kiilto.com

1.4 Hätäpuhelinnumero

Numero, nimi ja osoite

+358 (0)9 471 977
Myrkytystietokeskus
Haartmaninkatu 4
00290 Helsinki
FINLAND

2. VAARAN YKSILÖINTI

2.1 Aineen tai seoksen luokitus

1272/2008 (CLP)

Flam. Liq. 2, H225
Eye Irrit. 2, H319
STOT SE 3, H336
EUH066

EY (67/548/ETY, 1999/45/EY)

F; R11; Xi; R36; R66; R67

2.2 Merkinnät

1272/2008 (CLP)

GHS07 - GHS02

Huomiosana **Vaara**

Vaaralausekkeet

H225	Helposti syttyvä neste ja höyry.
H319	Ärsyttää voimakkaasti silmiä.
H336	Saattaa aiheuttaa uneliaisuutta ja huimausta.
EUH066	Toistuva altistus voi aiheuttaa ihon kuivumista tai halkeilua.

Turvalausekkeet

P210	Suojaa lämmöltä/kipinöiltä/avotulelta/kuumilta pinnoilta. - Tupakointi kielletty.

P280	Käytä suojakäsineitä/suojavaatetusta/silmiensuojainta /kasvonsuojainta.
P305+P351+P338	JOS KEMIKAALIA JOUTUU SILMIIN: Huuhdo huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Poista piilolinssit, jos sen voi tehdä helposti. Jatka huuhtomista.
P304+P341	JOS KEMIKAALIA ON HENGITETTY: Jos hengitysvaikeuksia, siirrä henkilö raittiiseen ilmaan ja pidä lepoasennossa, jossa on helppo hengittää.
P501	Hävitä sisältö/pakkaus ongelmajätteenä
P102	Säilytä lasten ulottumattomissa.

2.3 Muut vaarat
Tuotteen aineosat voivat imeytyä kehoon hengitettynä ja ihon kautta.

3. KOOSTUMUS JA TIEDOT AINEOSISTA

CAS/EY-numero ja rek.nro	Aineosan nimi	Pitoisuus	Luokitus
67-64-1	Asetoni	> 99%	F; R11; Xi; R36; R66; R67 Flam. Liq. 2, H225; Eye Irrit. 2, H319; STOT SE 3, H336

Muut tiedot
Tässä kohdassa mainittujen R-lausekkeiden täydelliset tekstit ovat kohdassa 16.
Tässä kohdassa mainittujen H-lausekkeiden täydelliset tekstit ovat kohdassa 16.

4. ENSIAPUTOIMENPITEET

4.1 Ensiaputoimenpiteiden kuvaus
Ei vaaroja, jotka vaativat erityisiä ensiapuohjeita.

Hengitys
Siirrettävä raittiiseen ilmaan. Pidettävä lämpimänä ja rauhallisessa paikassa. Annettava happea tai tekohengitystä tarvittaessa. Otettava yhteys lääkäriin mikäli oireet jatkuvat.

Iho
Riisuttava välittömästi tahriintunut vaatetus. Pestävä saippualla ja vedellä. Ärsytysoireiden jatkuessa otettava yhteys lääkäriin.

Roiskeet silmiin
Huuhdeltava välittömästi runsaalla vedellä vähintään 15 minuutin ajan.
Otettava yhteys lääkäriin mikäli oireet jatkuvat.

Nieleminen
Potilas viedään välittömästi sairaalaan.
Huuhdeltava suu.

4.2 Tärkeimmät oireet ja vaikutukset, sekä välittömät että viivästyneet
Päänsärky , Huimaus.
Katso kohta 4.1

4.3 Mahdollisesti tarvittavaa välitöntä lääketieteellistä apua ja erityishoitoa koskevat ohjeet
Hoito oireiden mukaan.

5. PALONTORJUNTATOIMENPITEET

5.1 Sammutusaineet
Sopivat sammutusaineet
hiilidioksidi (CO_2), jauhe, vaahto, alkoholia kestävä vaahto.

5.2 Aineesta tai seoksesta johtuvat erityiset vaarat
Höyryt muodostavat ilman kanssa räjähtäviä seoksia.

5.3 Palontorjuntaa koskevat ohjeet
Tulipalossa käytettävä paineilmalaitetta.

6. TOIMENPITEET ONNETTOMUUSPÄÄSTÖISSÄ

6.1 Varotoimenpiteet, henkilönsuojaimet ja menettely hätätilanteessa

Henkilökohtainen suojaus, katso kohta 8.
Poistettava kaikki sytytyslähteet.
Vuoto pysäytään ja kerätään palamattoman imeytysaineen (esim. hiekka, multa, piimaa, vermikuliitti) avulla, siirretään astiaan hävitettäväksi paikallisten ja kansallisten säännösten mukaisesti (katso kohta 13).

6.2 Ympäristöön kohdistuvat varotoimet
Estettävä tuotteen pääsy viemäreihin. Ei saa päästää ympäristöön likaamaan pohjavesistöä.

6.3 Suojarakenteita ja puhdistusta koskevat menetelmät ja -välineet
Katso kohta 6.1

6.4 Viittaukset muihin kohtiin
Katso kohta 8

7. KÄSITTELY JA VARASTOINTI

7.1 Turvallisen käsittelyn edellyttämät toimenpiteet
Eristettävä sytytyslähteistä - Tupakointi kielletty. Estettävä staattisen sähkön aiheuttama kipinöinti. Kaikki sekoitus- ja valmistusvälineiden metalliosat on maadoitettava. Huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta.

7.2 Turvallisen varastoinnin edellyttämät olosuhteet, mukaan luettuina yhteensopimattomuudet
Säilytettävä tiiviisti suljettuna kuivassa, viileässä ja hyvin ilmastoidussa paikassa.

7.3 Erityinen loppukäyttö
Ei erityisesti mainittavia vaaroja.

8. ALTISTUMISEN EHKÄISEMINEN JA HENKILÖNSUOJAIMET

8.1 Valvontaa koskevat muuttujat

HTP-arvot

67-64-1	Asetoni	500 ppm (8 h) 1200 mg/m³ (8 h)	630 ppm (15 min) 1500 mg/m³ (15 min)

Muut raja-arvot
Ei ole.

Muissa maissa annettuja raja-arvoja
OEL: Asetoni; 2000/39/EY; 8h 1250 mg/m3 / 500 ppm
-

DNEL

Käyttötarkoitus : Työntekijät
Pääasialliset altistumisreitit : Hengitys
Mahdolliset terveysvaikutukset : Akuutit vaikutukset =3420 mg/m3, Pitkäaikaisvaikutukset = 1210 mg/m3
Pääasialliset altistumisreitit : Ihokosketus
Mahdolliset terveysvaikutukset : Pitkäaikaisvaikutukset =186 mg/m3

Käyttötarkoitus : Kuluttajat
Mahdolliset terveysvaikutukset : Pitkäaikaisvaikutukset
Hengitys = 200 mg/m3
Ihokosketus = 62 mg/m3
Nieleminen = 62 mg/m3

PNEC

Makea vesi = 10,6 mg/l
Merivesi = 1,06 mg/l
Makean veden sedimentti = 30,4 mg/l
Merisedimentti = 3,04 mg/l
Ajoittainen käyttö/vapautuminen = 21 mg/l
Maaperä = 29,5 mg/l

8.2 Altistumisen ehkäiseminen

Tekniset torjuntatoimenpiteet
Huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta, erityisesti suljetuissa tiloissa. Ruiskutettaessa on käytettävä raitisilmasuojainta, ellei riittävää ilmastointia voida järjestää. Kädet pestävä ennen taukoja ja työpäivän jälkeen. Syöminen, juominen ja tupakointi kielletty ainetta käsiteltäessä. Riisuttava tahriintunut vaatetus ja pestävä ne ennen seuraavaa käyttöä.

Hengityksensuojaus

Käytettävä sopivaa hengityslaitetta, mikäli ilmastointi on riittämätön. , AX

Käsiensuojaus
EN 374:n mukaiset suojakäsineet. (butyylikumi). Käsineen paksuus : 0,5 mm

Silmien tai kasvojen suojaus
Suojalasit. Silmänhuuhtelupullo, jossa puhdasta vettä

Ihonsuojaus
Läpäisemätön vaatetus.

Ympäristöaltistumisen torjuminen
Ei saa päästää ympäristöön.

9. FYSIKAALISET JA KEMIALLISET OMINAISUUDET

9.1 Fysikaalisia ja kemiallisia perusominaisuuksia koskevat tiedot

Olomuoto
neste, kirkas

Haju	pistävä
Hajukynnys	19,8 ppm
pH	Ei sovellettavissa
Sulamis- tai jäätymispiste	Sulamispiste = -94 °C
Kiehumispiste ja kiehumisalue	+56°C
Leimahduspiste	-19°C
Haihtumisnopeus	Suhteellinen haihtuvuus: 5.7 (butyyliasetaatti = 1)
Syttyvyys (kiinteät aineet, kaasut)	Helposti syttyvää
Räjähdysominaisuudet	
Alempi räjähdysraja	2.5 til.%
Ylempi räjähdysraja	13.0 til.%
Höyrynpaine	24 kPa (180 mmHg) 20 °C
Höyryntiheys	noin 2, (Ilma = 1.0)
Suhteellinen tiheys	noin 0,79 kg/dm^3
Jakautumiskerroin: n-oktanoli/vesi	Pow = 0,58; log Pow = -0,24
Itsesyttymislämpötila	465 °C
Hajoamislämpötila	tietoja ei ole käytettävissä
Viskositeetti	0,32 mPa s (Viskositeetti, dynaaminen)
Räjähtävyys	Ei räjähtävä
Hapettavuus	Ei luokiteltu

9.2 **Muut tiedot**
Ei olennaista

10. STABIILISUUS JA REAKTIIVISUUS

10.1 **Reaktiivisuus**
Reagoi seuraavien aineiden kanssa: Emäkset

10.2 **Kemiallinen stabiilisuus**
Höyryt muodostavat ilman kanssa räjähtäviä seoksia. Höyryt ovat ilmaa raskaampia ja leviävät pitkin lattiaa. Varottava liekin takaisinlyöntiä.

10.3 **Vaarallisten reaktioiden mahdollisuus**
Vaarallisia reaktioita ei tunneta normaaleissa käyttöolosuhteissa.

10.4 **Vältettävät olosuhteet**
Säilytettävä suojassa lämmöltä ja sytytyslähteistä.

10.5 **Yhteensopimattomat materiaalit**
Saattaa vahingoittaa eräitä maalipintoja ja muoveja.

10.6 **Vaaralliset hajoamistuotteet**
Hiilimonoksidia, hiilidioksidia ja palamattomia hiilivetyjä (savua).

11. MYRKYLLISYYTEEN LIITTYVÄT TIEDOT

11.1 **Tiedot myrkyllisistä vaikutuksista**
Välitön myrkyllisyys
LD50/suun kautta/rotta = 5800 mg/kg
LC50/hengitysteitse/4h/rotta = 76 mg/l
LD50/ihon kautta/rotta = > 15800 mg/kg

Ärsyttävyys ja syövyttävyys
Pitkäaikainen ihokosketus voi aiheuttaa ihon ärsytystä.
Ärsyttää silmiä.

Herkistyminen
Ei tunnettuja vaikutuksia.

Syöpää aiheuttavat, perimää vaurioittavat tai lisääntymiselle vaaralliset vaikutukset
Laji : hiiri. Altistumisaika 1 yr. Huomautus negatiivinen.

Elinkohtainen myrkyllisyys - kerta-altistuminen
Höyryt voivat aiheuttaa uneliaisuutta ja huimausta.

Elinkohtainen myrkyllisyys - toistuva altistuminen
Toistuva tai pitkäaikainen altistus liuottimille voi aiheuttaa aivojen ja hermoston vaurioita. Maksa- ja munuaisvaurioita voi esiintyä.
Toistuva tai pitkäaikainen altistus voi aiheuttaa ihoärsytystä ja ihotulehdusta tuotteen rasvaa poistavista ominaisuuksista johtuen.

Aspiraatiovaara
Ei aspiraatiovaaraa koskevaa luokitusta.

Muut terveysvaikutuksiin liittyvät tiedot
Tuotteen aineosat voivat imeytyä kehoon hengitettynä ja ihon kautta.

12. TIEDOT VAARALLISUUDESTA YMPÄRISTÖLLE

12.1 **Myrkyllisyys**
Myrkyllisyys vesieliöille
Myrkyllisyys kalalle : LC50/96t/kirjolohi = 5540 mg/l, Makea vesi.
Myrkyllisyys vesikirppu (daphnia) (Daphnia pulex (vesikirppu)) LC50/48t/vesikirppu (daphnia) = 8800 mg/l
Myrkyllisyys levälle : NOEC = 530 mg/l / 8 d.

Myrkyllisyys muille eliöille
Myrkyllisyys bakteereille EC 12= 1000 mg/l / 30 min.

12.2 **Pysyvyys ja hajoavuus**
Biologinen hajoavuus
Helposti biologisesti hajoava. (91%) / 28 d. Menetelmä OECD TG 301.
Kemiallinen hajoavuus
Hajoaa joutuessaan kosketukseen ilman kanssa. Hajoamisen puoliintumisaika 22d.

12.3 **Biokertyvyys**
log Kow < 4 = heikko

12.4 **Liikkuvuus maaperässä**
Tuote haihtuu helposti.

12.5 **PBT- ja vPvB-arvioinnin tulokset**
Tämän aineen ei katsota olevan pysyvä, kertyvä ja myrkyllinen (PBT).

12.6 **Muut haitalliset vaikutukset**
Tuotetta tulee käsitellä huolellisesti, eikä saa päästää maaperään, viemäriin tai vesistöön.

13. JÄTTEIDEN KÄSITTELYYN LIITTYVÄT NÄKÖKOHDAT

13.1 **Jätteiden käsittelymenetelmät**
Tuote Pienet määrät kuivatetaan ulkoilmassa kuiviin. Suuret määrät toimitetaan ongelmajätteiden vastaanottopaikkaan.
Pienpakkaus voidaan tyhjennettynä ja hyvin tuuletettuna toimittaa järjestettyyn kierrätykseen.
Tynnyri tulee tyhjäksi valutettuna ja hyvin tuuletettuna hyödyntää toimittamalla se tynnyreiden uusiokunnostusta hoitavalle yritykselle
Tuulettamattomana tyhjäksi valutettu pakkaus on räjähdysvaarallinen.
EWC-koodi 070704 - muut orgaaniset liuottimet, pesunesteet ja kantaliuokset

14. KULJETUSTIEDOT

	Maakuljetukset ADR/RID	**Merikuljetukset IMDG/IMO**
14.1 YK-numero	1090	1090
14.2 Kuljetuksessa käytettävä virallinen nimi	Asetoni	Acetone
14.3 Kuljetuksen vaaraluokka	3	3
14.4 Pakkausryhmä	II	II
14.5 Ympäristövaarat	Ei ole.	Ei ole.
Muut tiedot		

14.6 **Erityiset varotoimet käyttäjälle**
Ei erityisesti mainittavia vaaroja.

14.7 **Kuljetus irtolastina MARPOL 73/78 -sopimuksen II liitteen ja IBC-säännöstön mukaisesti**
Ei sovellettavissa

15. LAINSÄÄDÄNTÖÄ KOSKEVAT TIEDOT

15.1 **Nimenomaisesti ainetta tai seosta koskevat turvallisuus-, terveys- ja ympäristösäännökset tai -lainsäädäntö**

Direktiivi 96/82/EY koskee; Suuronnettomuus lainsäädäntö .
Huomioitava työssä olevien nuorten ihmisten suojelua koskeva direktiivi 94/33/EY.

15.2 Kemikaaliturvallisuusarviointi
Tälle aineelle on suoritettu kemikaaliturvallisuusarviointi.

16. MUUT TIEDOT

Muutokset edelliseen versioon
Luokiteltu GHS:n vaaraluokkien ja kategorioiden mukaisesti.

Tietolähteet
Lainsäädäntö ja raaka-ainetoimittajien antama tieto, Sax's "Dangerous Properties of Industrial Materials."

Käytetty menetelmä luokituksen arvioinnissa
Asetuksen (EU) 1272/2008 ja vastaavuustaulukon 67/548/ETY tai 1999/45/EY (CLP:n liite VII) mukainen luokitus

Luettelo R-lausekkeista, vaaralausekkeista, S-lausekkeista ja/tai turvalausekkeista
R11; Helposti syttyvää.
R36; Ärsyttää silmiä.
R66; Toistuva altistus voi aiheuttaa ihon kuivumista tai halkeilua.
R67; Höyryt voivat aiheuttaa uneliaisuutta ja huimausta.

H225; Helposti syttyvä neste ja höyry.
H319; Ärsyttää voimakkaasti silmiä.
H336; Saattaa aiheuttaa uneliaisuutta ja huimausta.
EUH066; Toistuva altistus voi aiheuttaa ihon kuivumista tai halkeilua.

P210; Suojaa lämmöltä/kipinöiltä/avotulelta/kuumilta pinnoilta. - Tupakointi kielletty.
P280; Käytä suojakäsineitä/suojavaatetusta/silmiensuojainta /kasvonsuojainta.
P305+P351+P338; JOS KEMIKAALIA JOUTUU SILMIIN: Huuhdo huolellisesti vedellä usean minuutin ajan. Poista piilolinssit, jos sen voi tehdä helposti. Jatka huuhtomista.
P304+P341; JOS KEMIKAALIA ON HENGITETTY: Jos hengitysvaikeuksia, siirrä henkilö raittiiseen ilmaan ja pidä lepoasennossa, jossa on helppo hengittää.
P501; Sisältö/astia hävitettävä ongelmajätteenä.
P102; Säilytä lasten ulottumattomissa.

Työntekijöiden koulutus
Järjestettävä riittävästi tietoja, ohjeita ja koulutusta käyttäjille.

Lisätiedot
Siru Rohola

EU-direktiivin mukaiset määräysmerkit
(lähde: Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto)

	Käytettävä hengityksensuojaimia
	Jalankulku tätä tietä
	Käytettävä kasvonsuojaimia
	Käytettävä kuulosuojaimia
	Käytettävä suojahaalareita
	Käytettävä suojajalkineita
	Käytettävä suojakäsineitä
	Käytettävä suojakypärää
	Käytettävä suojalaseja
	Käytettävä turvavaljaita
	Yleinen määräysmerkki (jota on tarvittaessa käytettävä lisämerkin kanssa)

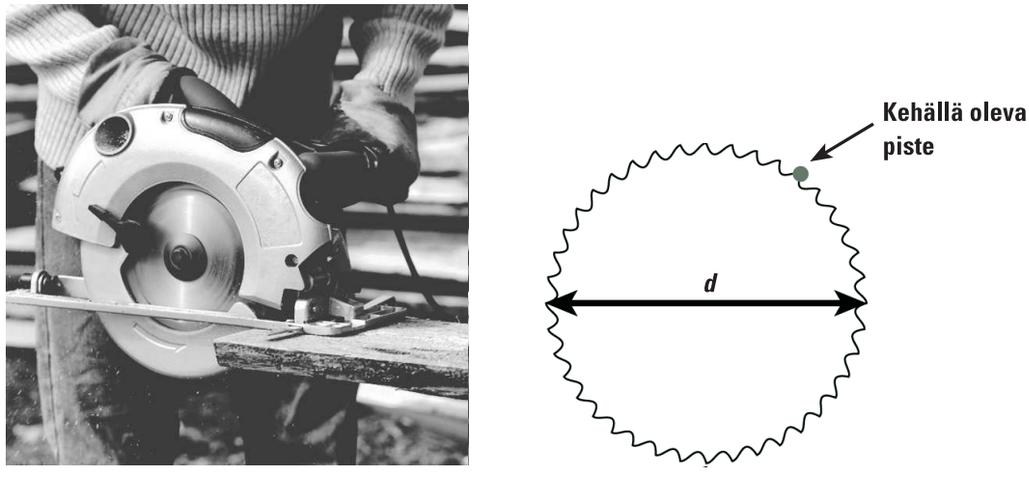
Luku 1
Valinnainen osuus

Pyörimisliikkeessä kappaleen jokainen piste kiertää ympyrärataa

Työtehtävien helpottamiseksi on kehitelty koneita ja laitteita, joiden toiminta perustuu suoraviivaisen liikkeen muuttamiseen pyörimisliikkeeksi. Esimerkiksi ruohon leikkaaminen viikatteella on työlästä, mutta ruohonleikkurilla työ sujuu paljon helpommin. Vastaavasti puiden kaadossa metsässä käytetään käsisahan sijasta moottorisahaa.

Käsipyörösahan terän pyörimistä voidaan kuvata **pyörimisnopeudella** n, joka ilmoittaa, kuinka monta kierrosta terä pyörähtää koko akselinsa ympäri sekunnissa.

Pyörimisnopeuden yksikkö on $\frac{1}{s}$ (lue: yksi kierrosta sekunnissa). Koneiden ja moottoreiden yhteydessä käytetään usein yksikköä rpm (rotations per minute = kierrosta minuutissa).



Käsipyörösaha ja kehällä olevan pisteen nopeus

Kehänopeudella v tarkoitetaan ympyrän muotoisella radalla olevan tietyn kohdan, kuten merkityn pisteen, nopeutta.

Ympyrän muotoisella radalla olevan pisteen nopeudella, ympyrän kehän pituudella ja pyörimisnopeudella on yhteys.

Kehänopeuden yksikkö on m/s. Sen sijaan lastuavissa työstökoneissa, kuten sorveissa, kehänopeus ilmaistaan **leikkuunopeutena** tai **lastuamisnopeutena** yksikössä m/min.

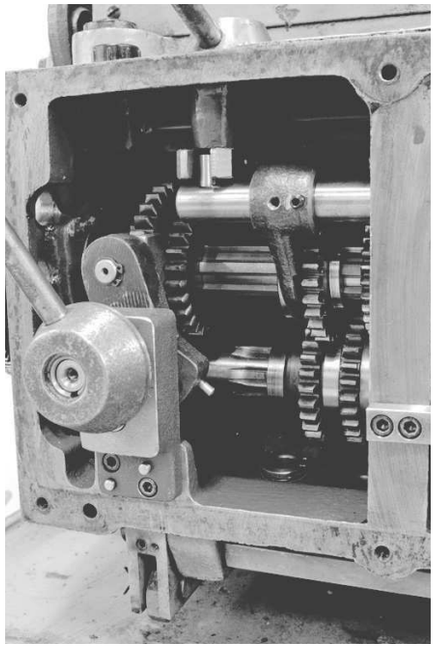
Kehänopeus

$v = \pi dn$

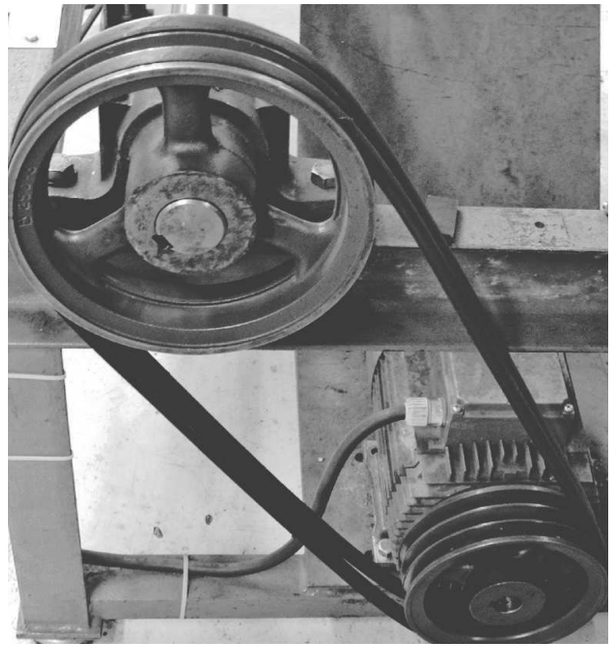
jossa d = pyörivän poran, pyörösahan terän tai kulmahiomakoneen laikan halkaisija

n = pyörimisnopeus, jolla kappale pyörii akselinsa ympäri

π = pii (käytetään laskimesta saatua arvoa).



Sorvin avattu vaihdelaatikko



Hihnapyörät on kytketty liukumattomalla hihnalla.

Tekniset oivallukset ja sovellukset perustuvat usein laitteen tai koneen toiminnassa esiintyvän pyörimisliikkeen hyödyntämiseen.

Kytketyn hihnapyörän välityssuhde

$$= \frac{\text{käyttävän hihnapyörän kierrosluku}}{\text{käytettävän hihnapyörän kierrosluku}}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

jossa n_1 = käyttävän moottorin/hihnapyörän pyörimisnopeus
n_2 = käytettävän työkoneen/hihnapyörän pyörimisnopeus
d_1 = käyttävän pyörän halkaisija
d_2 = käytettävän pyörän halkaisija.

Kun moottori pyörittää hihnapyörää ja työkoneen hihnapyörä on kytketty yhteen liukumattomalla hihnalla, hihnojen välillä vallitsee pyörimisnopeuksiin liittyvä yhteys.

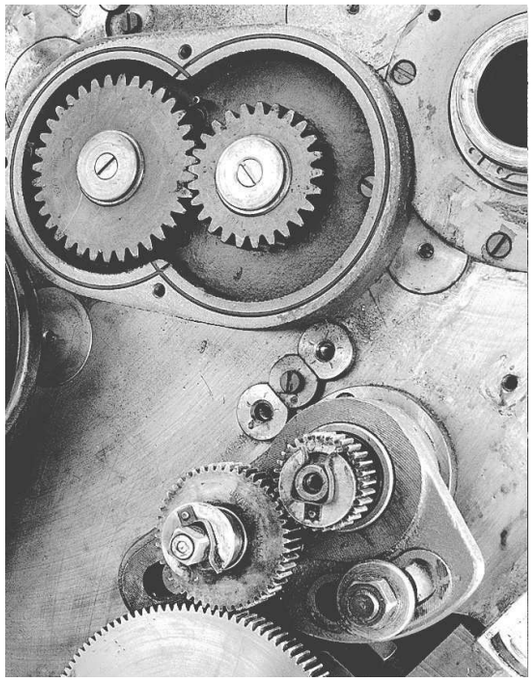
Pyörimisnopeuksien suhde määritellään **välityssuhteeksi** *i*.

Hammaspyörävälityksessä, kuten auton vaihdelaatikossa, käytetään kahta tai useampaa hammaspyörää.

Hammaspyörävälityksen välityssuhde määritellään hammaslukujen z ja hammaspyörien halkaisijoiden d suhteena. Välityssuhde pätee myös hammaspyörissä.

Työkoneissa käytetään pyörimisnopeuden muuttamiseen hihna- tai hammaspyörävälitystä. Välityssuhde on käyttävän akselin pyörimisnopeuden ja käytettävän akselin pyörimisnopeuden osamäärä.

Minkä tahansa kahden toisiinsa liukumattomalla hihnalla kytketyn hihnapyörän, ketjupyörän ja hammaspyörän pyörimisnopeudet ja halkaisijat ovat kääntäen verrannollisia siten, että niiden pyörimisnopeuksien suhde on aina vakio.



Hammaspyörävälitys.

Hammaspyörän välityssuhde

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

jossa n_1 = käyttävän pyörän pyörimisnopeus
n_2 = käytettävän pyörän pyörimisnopeus
z_1 = käyttävän hammaspyörän hammasluku
z_2 = käytettävän hammaspyörän hammasluku
d_1 = käyttävän hammaspyörän halkaisija
d_2 = käytettävän hammaspyörän halkaisija.

Esimerkki 13 Pyörösahan terän halkaisija on 385 mm ja terän pyörimisnopeus on 3 150 1/min. Mikä on pyörösahan terän kehänopeus?

Ratkaisu: Terän halkaisija $d = 385\ \text{mm} = 0{,}385\ \text{m}$, ja pyörimisnopeus $n = 3\,150\ 1/\text{min}$. Pyörimisnopeus minuutissa muunnetaan pyörimisnopeudeksi sekunnissa: $\frac{3\,150}{60\ \text{s}} = 52{,}5\frac{1}{\text{s}}$.

Pyörösahan terän kehänopeus v ratkaistaan yhtälöstä

$v = \pi dn$ (piin arvo laskimesta)

$v = \pi \cdot 0{,}385\ \text{m} \cdot 52{,}5\ 1/\text{s} = 63{,}499\ \text{m/s} \approx 63{,}5\ \text{m/s}$.

Vastaus: Pyörösahan terän kehänopeus on **63,5 m/s.**

Esimerkki 14 Pyörösahan terän pyörimisnopeus on 2 750 1/min. Kuinka suuri terän halkaisija voi olla, jotta sallittu kehänopeus 50,0 m/s ei ylittyisi?

Ratkaisu: Sallittu kehänopeus $v = 50{,}0\ \text{m/s}$. Pyörimisnopeus minuutissa muunnetaan pyörimisnopeudeksi sekunnissa:

$$= 2\,750\frac{1}{\text{min}} = 2\,750\frac{1}{60\ \text{s}} = 45{,}833\frac{1}{\text{s}}.$$

Terän halkaisija d ratkaistaan yhtälöstä

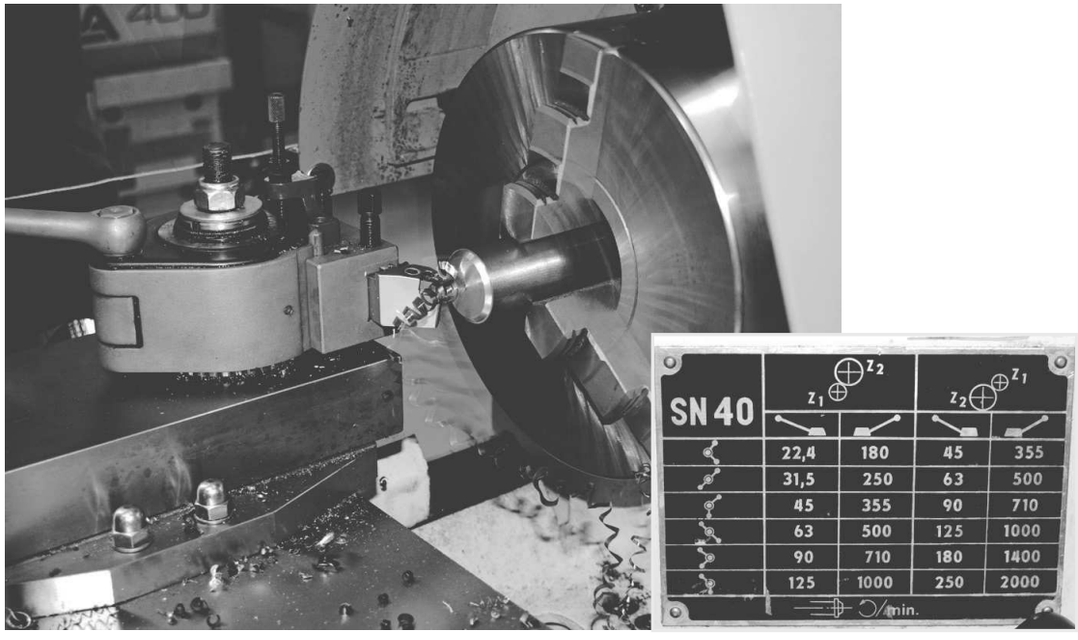
$v = \pi dn \quad | : \pi n$

$$d = \frac{v}{\pi n} = \frac{50{,}0\ \text{m}\frac{1}{\text{s}}}{\pi \cdot 45{,}833\frac{1}{\text{s}}} = 0{,}34725\ \text{m} \approx 0{,}350\ \text{m}.$$

Vastaus: Terän halkaisija voi olla korkeintaan **350 mm.**

Esimerkki 15 Työsalissa on sorvattava kovametalliterällä akseli pyörötangosta, jonka halkaisija Φ on 45 mm ja jonka materiaali on rakenneterästä E 295. Mikä on työstettävän kappaleen pyörimisnopeus lieriön ulkopintaa sorvattaessa, kun lastuamisnopeudeksi v valitaan 125 m/min?

Lastuamisnopeus on nopeus, jolla työkalu ja työstettävä kappale liikkuvat toisiinsa nähden. Lastuamisnopeutta ei ole merkitty työstökoneeseen, vaan koneistaja etsii sen taulukoista.



Sorvattava kappale. Sorvin kyljessä olevasta nimikilvestä käyvät ilmi työstettävän kappaleen pyörimisnopeudet.

Ratkaisu:

$$n = \frac{v}{\pi \cdot d}$$

jossa $v = 125$ m/min

$d = 45$ mm $= 0{,}045$ m

$$n = \frac{125 \text{ m/min}}{\pi \cdot 0{,}045 \text{ m}} \approx 884 \text{ 1/min}$$

Vastaus: Työstettävän kappaleen pyörimisnopeus on **884 1/min.**
Koska sorvissa ei ole tällaista pyörimisnopeutta, siitä valitaan lähinnä oleva pyörimisnopeuden arvo eli työstettävän kappaleen pyörimisnopeudeksi valitaan 1 000 1/min.

Sorvauksessa käytetään hyväksi pyörivää liikettä

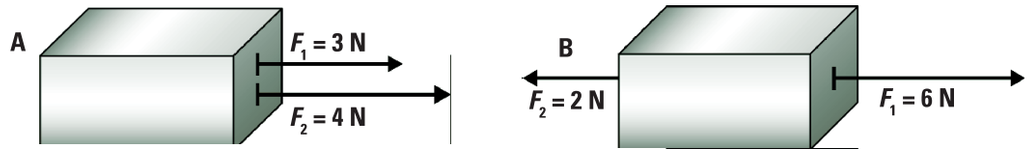
Sorvaus on lastuava työstömenetelmä, jossa työstettävä kappale pyörii sorvaajan etukäteen valitsemalla pyörimisnopeudella. Sorvilla voi muotoilla oman akselinsa ympäri pyörivää kappaletta haluttuun mittaan ja muotoon. Tavallisimpia materiaaleja ovat metalli, muovi ja puu. Erikokoisten sorvien laitteisto määräytyy sorvattavan materiaalin mukaan. Metallin sorvauksessa työstövoimat ovat niin suuria, ettei terää voi pitää käsissä vaan se kiinnitetään erilliseen teräpitimeen. Työstettävä kappale pyörii normaalisti 3 000–5 000 kierrosta minuutissa, mutta suurtaajuussorveissa nopeus voi olla jopa 50 000 kierrosta minuutissa, joten kappaleen irtoaminen on estettävä turvajärjestelyillä. Sorvin ja sorvattavan kappaleen on oltava ehdottomasti hyvin tasapainotettuja. Ellei näin ole, syntyy tärinää, joka irrottaa sorvattavan kappaleen.

Yleisin sorvityyppi teollisuudessa on tietokoneohjattu NC-sorvi, jota käytetään tuotteiden sarjavalmistuksessa. Sorvatuilla kappaleilla on pyörimisliikkeen vuoksi yleensä ympyrän muotoinen poikkileikkaus. Lopputuotteita ovat esimerkiksi ruuvit, renkaat, kampiakselit, männät, holkit, kattilat, kiekot, tykinpiiput ja sylinterinputket.

Kokonaisvoima on voimien summa

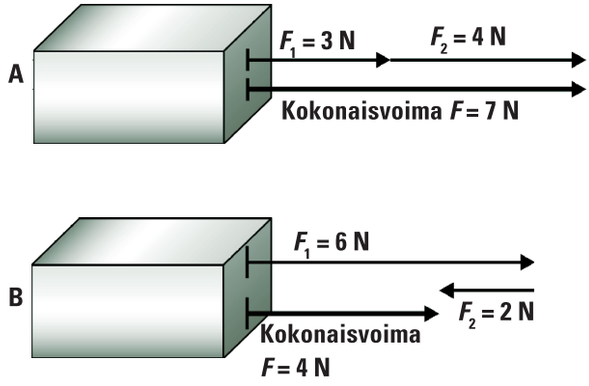
Kaksi tai useampia voimia voidaan korvata kokonaisvoimalla eli resultantilla, jonka suunta ja suuruus on sama kuin edellä mainittujen voimien vektorisumma.

Esimerkki 16 Määritä kappaleeseen vaikuttava kokonaisvoima
a) piirtämällä
b) laskemalla.



Ratkaisu: a) piirtämällä:

Kun voimien suunnat ja suuruudet tiedetään, kysytty kokonaisvoima muodostuu ensimmäisen voiman alkupisteen ja viimeisen voiman loppupisteen välille. Voimat piirretään aina jossakin tilanteeseen sopivassa mittakaavassa, esimerkiksi siten, että yksi ruutu vastaa yhtä newtonia tai 10 mm vastaa 100 newtonia.



Ratkaisu: b) laskemalla:

Yhdensuuntaisten voimien kokonaisvoima saadaan laskemalla yhteen voimien suuruuksien summa etumerkkeineen.

A: Kokonaisvoima F on voimien summa.
$F = F_1 + F_2 = 3\text{ N} + 4\text{ N} = 7\text{ N}$.

B: Kokonaisvoima F on voimien F_1 ja F_2 suuruuksien erotus.
$F = F_2 - F_1 = 6\text{ N} - 2\text{ N} = 4\text{ N}$.

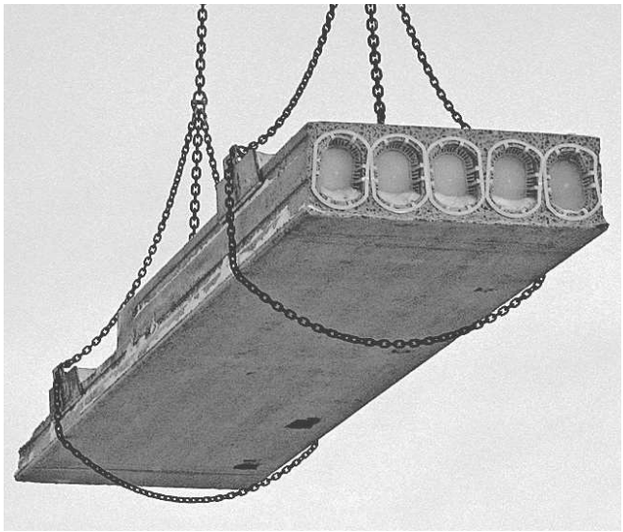
Voima ja vastavoima ovat yhtä suuret, mutta ne vaikuttavat eri kappaleisiin

Kaksi opiskelijaa seisoo kumpikin oman rullalautansa päällä vastakkain. Kun he tönäisevät kevyesti toisiaan kämmenpohjillaan, molemmat **lähtevät liikkeelle mutta vastakkaisiin suuntiin**.

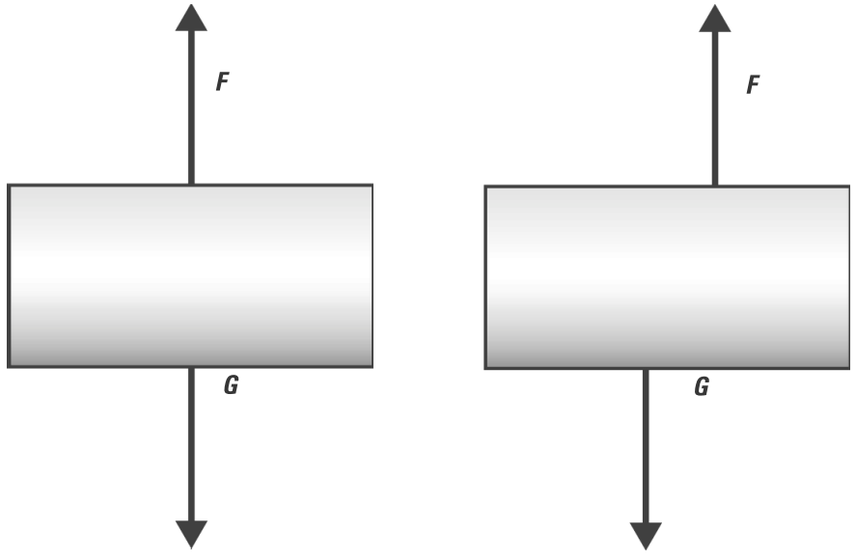
Voima ja vastavoima.

Koskettaessaan toisiaan opiskelijat ovat vuorovaikutuksessa. Toiseen vaikutti voima F ja toiseen voima $-F$. Tässä ilmenee Newtonin III laki. Vastaavasti kun luistelija potkaisee luistimella lisää vauhtia, luistin ja Maa ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Luistimen ja Maan vuorovaikutuksesta aiheutuu, että luistin työntää Maata ja Maa työntää luistinta ja samalla luistelijaa eteenpäin yhtä suurella mutta vastakkaissuuntaisella voimalla. Maa ei liiku taaksepäin, koska sen massa on suuri.

Kappaleeseen kohdistuu vääntövaikutus



Vaarallinen työvaihe työmaalla: ontelolaatan nosto

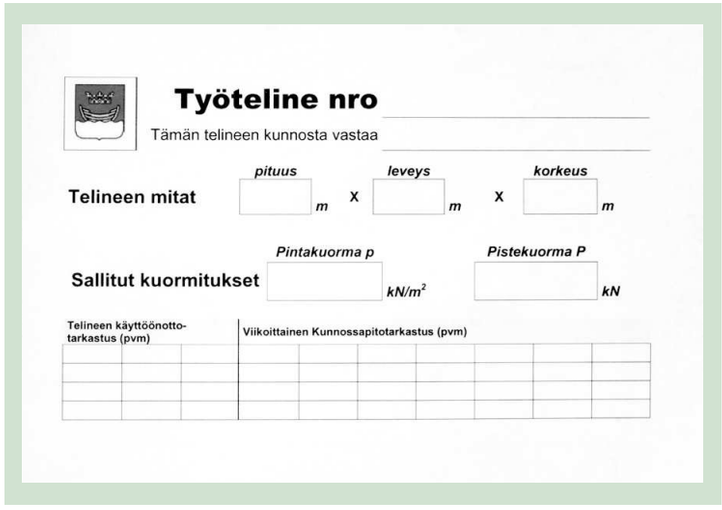


a) Normaali nosto.

b) Mitä tässä nostotilanteessa tapahtuu?

Hyvä tasapaino on ontelolaatan nostovaiheessa tärkeä työturvallisuuden kannalta. Nostohaarukat puristuvat ontelolaatan reunaan elementin oman painon vaikutuksesta. Huono tasapaino voi oikeanpuoleisessa kuvassa aiheuttaa vääntövaikutuksen elementtiin ja nostosaksien irtoamisen kohtalokkain seurauksin. Vaaratilanteita aiheuttaa esimerkiksi tuulinen sää. Tuulisia säitä varten elementtien asennukselle onkin asetettu selkeät rajat.

Kappale on tasapainossa, kun se ei etene eikä pyöri. Tällöin kappaleeseen vaikuttavien kaikkien voimien summa on nolla. Työmaalla telineen kaatuminen estetään varmistamalla sen vakavuus.



Teline ankkuroidaan seinään. Lisäksi käytetään riittävästi vinotukia.

a) Pitkä momenttivarsi

b) Lyhyt momenttivarsi

Katso yllä olevia kuvia. Kummalla avaimella olisi helpompi vääntää vanteen pultti auki rengasta vaihdettaessa ja miksi?

Kitkavoima vastustaa liikettä

Kitkasta on sekä haittaa että hyötyä. Kitka voi esimerkiksi huonontaa suksien luistoa, jolloin hiihtäminen käy raskaaksi. Auton moottorissa taas tarvitaan moottoriöljyä kitkan vähentämiseksi, jotta männät liikkuvat sylinterissä tehokkaammin. Pyörä lienee paras keksintö kitkan vähentämiseksi. Kitkasta on hyötyä esimerkiksi auton jarrutuksessa ja liikkeelle lähdössä. Ilman auton renkaan ja tien välistä kitkaa auto ei liikkuisi mihinkään. Tietokoneen rullahiiri taas pysyy kitkan vaikutuksesta paremmin kädessä kuin ilman kitkaa.

Esimerkki 17 Autoilija ajaa hirvivaara-alueella havaintohetkellä nopeudella 80,0 km/h, kun yllättäen oikealta tielle ilmaantuu hirvi noin 200 metrin päässä autosta. Autoilija jarruttaa vaakasuoralla tiellä jäisellä kelillä, ja kitkakerroin voi olla ns. kitkarenkailla näissä vaikeissa olosuhteissa 0,15. Oletetaan, että autoilijan reaktioaika on 1 sekunti, eli hän ryhtyy jarruttamaan vasta yhden sekunnin kuluttua siitä, kun hän havaitsee hirven.

a) Kuinka suuri hidastuvuus on saavutettavissa?
b) Mikä on jarrutusmatka?
c) Törmääkö autoilija hirveen?

Ratkaisu: Ensimmäisen ”kauhusekunnin” aikana auto etenee tasaisesti ja tekee matkan $s_1 = vt$, jossa $v = 80$ km/h, $t = 1$ sekunti.

$s_1 = \frac{80\ \text{m}}{3{,}6\ \text{s}} \cdot 1\ \text{s} = 22{,}22\ \text{m}$, ja jarrutus alkaa vasta tämän jälkeen.

a) $\mu = 0{,}15$, nopeus $v = 80$ km/h, a = hidastuvuus?

Autoon vaikuttavan voiman $F = ma$ ja autoon kohdistuvan kitkavoiman F_μ on oltava yhtäsuuria, jotta auto pysähtyisi. Näin ollen

$ma = \mu mg \quad | : m$ (yhtälön molemmat puolet jaetaan m:llä)

$\frac{ma}{m} = \frac{\mu mg}{m}$

$a = \mu g = 0{,}15 \cdot 9{,}81\ \text{m/s}^2 = 1{,}47\ \text{m/s}^2 \approx 1{,}50\ \text{m/s}^2$.

b) Jarrutusmatkan s_2 laskeminen:

Auton nopeuden muutos jarrutuksen aikana on

= loppunopeus – alkunopeus

= jarrutuksen hidastuvuus · jarrutusaika.

Jarrutusajaksi saadaan

$$t = \frac{\text{loppunopeus} - \text{alkunopeus}}{\text{hidastuvuus}} = \frac{0 - 22{,}22\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{-1{,}47\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 15{,}12\ \text{s} \approx 15{,}1\ \text{s}.$$

Jarrutusmatka on helpointa laskea keskinopeuden yhtälöstä

$s_2 = v_k t$.

Keskinopeus v_k jarrutuksessa on (alkunopeus + loppunopeus) : 2. Tätä laskutapaa voidaan käyttää, kun on kyse tasaisesti kiihtyvästä liikkeestä

v_k = (80 + 0) km/h : 2 = 40 km/h, joka on muutettava vielä m/s:ksi.

Jarrutusmatka $s_2 = v_k t = \frac{40\ \text{m}}{3{,}6\ \text{s}} \cdot 15{,}1\ \text{s} = 167{,}7778\ \text{m} \approx 167{,}78\ \text{m}$.

Auto kulkee matkan, joka on kuljettu reaktioaikana + jarrutuksen aikana: $s = s_1 + s_2$.

s = 22,22 m + 167,78 m = 190 m

Vastaus: a) Auton hidastuvuus on **1,50 m/s²**.

b) Jarrutusmatka on **190 m**.

c) Autoilija **ei törmää näissä olosuhteissa hirveen**, vaikka hirvi pysyttelisikin paikallaan koko ajan tiellä.

Potentiaalienergia riippuu kappaleen asemasta

Potentiaalienergia

$E_p = mgh$

jossa m = kappaleen massa
g = putoamiskiihtyvyys
h = kappaleen korkeusasema.

Potentiaalienergia on kappaleen asemaan liittyvää energiaa. Nostotyö kasvattaa potentiaalienergiaa $E_p = Gh = mgh$.

Paalutuskoneen juntalla on suurin **potentiaalienergia**, kun juntta on ylhäällä. Kun juntta päästetään putoamaan, sen potentiaalienergia muuttuu **liike-energiaksi**. Mitä korkeammalle juntta nostetaan, sitä suurempia ovat sen potentiaalienergia ja pudotessa saavuttama nopeus.

Paalutuskoneen järkäleen eli juntan potentiaalienergia riippuu juntan massasta m sekä nostokorkeudesta h ja putoamiskiihtyvyydestä g.

Potentiaalienergian yksikkö on **joule**.

$$\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = \text{Nm} = \text{J (joule)}$$

Kineettinen energia on liikkuvan kappaleen energiaa

Paalutuskoneen juntalla on liike-energiaa. Liike-energian suuruus riippuu kappaleen massasta ja nopeudesta.

Liike-energia

$E_k = \frac{1}{2}mv^2$

jossa m = kappaleen massa
v = kappaleen nopeus.

Yhtälöstä on nähtävissä, että liike-energia kasvaa massan ja nopeuden kasvaessa.

Liike-energian yksikkö on joule (J). Se saadaan massan ja nopeuden neliön yksiköistä:

$$\text{kg} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2} = \text{Nm} = \text{J}.$$

Yleisesti energian E yksikkö on joule J.

Esimerkki 18 Kirja (massa 300 g) nostetaan lattialta pöydälle 1,0 metrin korkeudelle. Kuinka paljon kirjan potentiaalienergia kasvaa?

Ratkaisu: Kirjan potentiaalienergian muutos on

$$E_p = mgh = 0{,}300\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\ 1{,}0\ \text{m} = 2{,}94\ \text{J} \approx 3{,}0\ \text{J}$$

Vastaus: Kirjan potentiaalienergia kasvoi **3,0 J**.

Esimerkki 19 Auton (massa 1 200 kg) nopeus on 100 km/h. Mikä on auton liike-energia?

Ratkaisu: Auton liike-energia on

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 1\,200\ \text{kg} \cdot \left(\frac{100\ \text{m}}{3{,}6\ \text{s}}\right)^2$$

$$= 462\,963\ \text{J} = 462{,}9\ \text{kJ} \approx 460\ \text{kJ}.$$

Vastaus: Auton liike-energia on noin **460 kJ**.

Esimerkki 20 Kuinka suuren nopeuden mäkihyppääjä saa, kun mäen korkeus on 50 m ja 25 prosenttia potentiaalienergiasta kuluu kitkan ja ilman vastuksen voittamiseen?

Ratkaisu: 75 prosenttia potentiaalienenergiasta muuttuu siis liike-energiaksi, joten saadaan

$$\frac{75}{100}mgh = \frac{1}{2}mv^2$$ | Jaetaan yhtälön molemmat puolet $\frac{1}{2}$ m:llä ja ratkaistaan tästä v^2.

$$\frac{75}{100}mgh = \frac{1}{2}mv^2$$ | Otetaan yhtälöstä neliöjuuret molemmin puolin.

$$\sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3}{2}gh}$$ | Sijoitetaan lähtöarvot yhtälöön ja ratkaistaan v.

$$v = \sqrt{\frac{3 \cdot 9{,}81\ \text{m} \cdot 50\ \text{m}}{2\ \text{s}^2}} = 27{,}1247\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$27{,}1247 \cdot 3{,}6\ \frac{\text{km}}{\text{h}} = 97{,}6489\ \frac{\text{km}}{\text{h}} \approx 98\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

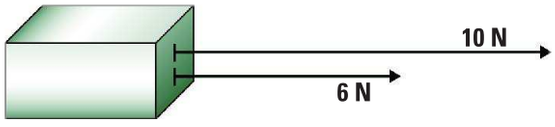
Vastaus: Hyppääjän nopeus on **98 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$**.

1.28 Mikä on voiman tunnus ja yksikkö?

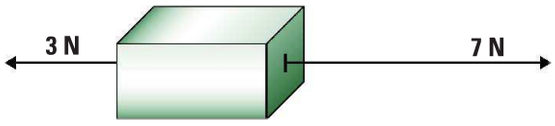
1.29 Mitä kokonaisvoima tarkoittaa?

1.30 Määritä kappaleeseen vaikuttava kokonaisvoima sekä laskemalla että piirtämällä.

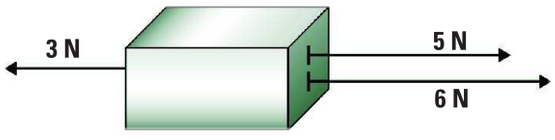
a)



b)



c)



1.31 Miksi retkijakkarassa ja kameran jalustassa on yleensä kolme jalkaa?

1.32 Kuinka suuri voima antaa kappaleelle, jonka massa on 5 kg, kiihtyvyyden 2 m/s^2?

1.33 Polkupyörällä ajetaan 120 km kuudessa tunnissa. Mikä on pyöräilijän keskinopeus? Ilmoita vastaus molemmissa yksiköissä, km/h ja m/s.

1.34 Amerikkalainen laivaston sotilas juoksee 2 mailia 14 minuutissa, kun taas hänen suomalainen toverinsa juoksee 3 km 12 minuutissa. Kumpi juoksee nopeammin? Maili on 1 609 m.

1.35 Koulun soutujoukkue souti 4 100 m:n kilpailussa ajan 17 min 19 s. Laske soutujoukkueen keskinopeus yksiköissä m/s ja km/h.

1.36 Salaman etäisyyden kilometreinä saa selville, kun laskee sekunnit välähdyksestä jyrinän alkuun ja jakaa luvun kolmella. Valo nimittäin näkyy käytännössä heti,mutta ääni etenee ilmassa vain 330 metriä sekunnissa. Kuinka kaukana ukkonen on, kun välähdyksestä jyrinään kului 36 sekuntia?

1.37 Laske, kuinka kaukana sinusta salama iski, kun pamaus kuului 1,8 s:n kuluttua salaman leimahduksesta. Äänen nopeus ilmassa on noin 1 200 km/h.

1.38 Lentoaseman yhdyskäytävän liukumaton nopeus on 0,5 m/s. Kuinka kauan 60 metrin matka liukumatolla kestää?

1.39 Autoilija ajoi neljä tuntia keskinopeudella 80 km/h. Kuinka pitkälle hän pääsi?

1.40 Autolla ajetaan 72 km/h:n nopeudella 10 sekunnin ajan. Kuinka monta metriä auto etenee?

1.41 Miten pitkän matkan fysiikan opettaja Virtanen kulkee, jos hän ajaa moottoripyörällä 80 minuuttia nopeudella 60 km/h?

1.42 Kimin Ferrari pysähtyy liikennevaloihin. Laske auton kiihtyvyys, kun valojen vaihduttua ja auton uudelleen käynnistämisestä 2,5 sekunnin kuluttua nopeus on 70 km/h.

1.43 Moottoripyörän nopeus nousi 6 sekunnissa 40 km/h:stä 80 km/h:iin. Mikä oli moottoripyörän keskikiihtyvyys?

1.44 Olet Linnanmäen huvipuiston vuoristoradalla. Millaisissa radan paikoissa tunnet kiihtyvyyden?

1.45 Hammaspyörän hammasluku on 60 ja pyörimisnopeus 1 200 kierrosta minuutissa. Pyörä pyörittää pienempää hammaspyörää, jonka hammasluku on 24. Mikä on pienemmän hammaspyörän pyörimisnopeus?

1.46 a) Kuinka suuri tukivoima sinuun kohdistuu, kun seisot lattialla?

b) Mistä syistä sinuun kohdistuva pinnan tukivoima voi muuttua?

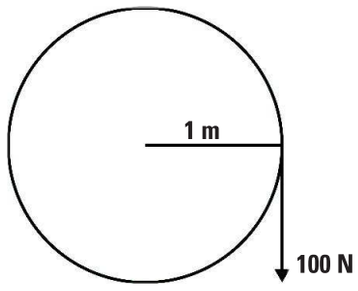
1.47 a) Auton nopeus on 11 m/s. Autoa jarrutetaan, ja se pysähtyy 6,6 sekunnissa. Laske hidastuvuus jarrutuksessa.

b) Kuinka suuret olivat auton liikettä hidastavat voimat, kun auton massa on 1 500 kg?

c) Mikä on auton hidastuvuus, kun sitä voitiin jarruttaa ainoastaan 1 200 N:n voimalla?

1.48 Kuinka suuri on auton massa, kun 2 300 N:n voima antaa sille kiihtyvyyden 1,9 m/s^2?

1.49 Kuinka suuri vääntömomentti vaikuttaa kappaleeseen kiertoakseli ympyrän keskipisteessä (säde 1 m)?



1.50 Auton levypyörä kiinnitetään pyörännapaan yleensä noin 100 Nm:n kiristysmomentilla. Käytössä on vain ristikkoavain, jossa on 1 metrin vääntövarsi. Kuinka suuri paino on sijoitettava vääntövarren päähän, jotta kiristysmomentiksi saataisiin ohjeen mukaisesti 100 Nm?

1.51 Onko 30 N:n voima riittävä irrottamaan autonpyörän pultin, jos pultin aukikiertämiseksi tarvittavan vääntömomentin suuruus on 125 Nm ja momenttivarren pituus on 50 cm?

1.52 Laske, kuinka pitkä vipuvarsi työkalussa on oltava, jos halutaan saada perämoottorin potkurin pulttiin 78 Nm:n kiristysmomentti niin, että työkalua väännetään 180 N: n voimalla.

1.53 Tasaisella tiellä polkupyörän vauhti hiljenee vähitellen, jos polkeminen lopetetaan, ja lopulta vauhti pysähtyy. Kerro, mistä tämä johtuu.

1.54 Miksi talvella käytetään nastarenkaita?

1.55 a) Minkälaisissa tilanteissa kitkasta on hyötyä?

b) Minkälaisissa tilanteissa kitkasta on haittaa?

c) Miten kitkan haittavaikutuksia voidaan pienentää?

1.56 Millaisia talvikenkiä suosittelisit ystävällesi jäisellä kelillä? Entä millaisia kenkiä tarvitsee ammattimies, joka työskentelee peltikatolla?

1.57 Mia juoksee 3,5 metriä korkean porrassyöksyn ylös. Mian massa on 45,0 kg. Laske

a) Mian tekemä työ

b) hänen nousutehonsa, kun hän nousee portaat 2,5 sekunnissa.

1.58 Laske rullalautailijan liike-energia, kun hänen nopeutensa on 5,5 m/s ja massansa 62 kg.

1.59 Laske veneen nopeus veneiden ja laivojen nopeuksiin käytettävinä solmuina (kn), kun 15 km:n pituisen matkan kulkeminen kestää 21 min. Ohje: 1 kn on 1,852 km/h.

1.60 Polkupyöräilijä ajaa nopeudella 12 km/h. Alamäessä hänen vauhtinsa kiihtyy, ja mäen alla hänen nopeutensa on 9,72 m/s. Laske pyöräilijän keskikiihtyvyys, kun mäen laskeminen kestää 12 sekuntia.

1.61 Auto kulki puolet matkasta nopeudella 50 km/h ja puolet nopeudella 120 km/h. Laske auton keskinopeus.

1.62 Autoilija ajoi matkan ensimmäisen puoliskon keskinopeudella 65 km/h. Laske, kuinka suurella keskinopeudella hänen oli ajettava matkan jälkipuolisko, kun hän halusi koko matkan keskinopeudeksi 82 km/h.

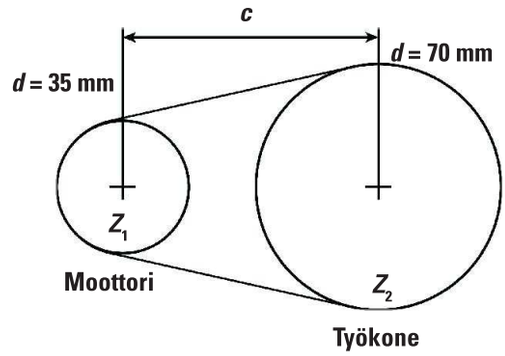
1.63 Hihnapyörän pyörimisnopeus on 30 1/s, ja sen halkaisija on 320 mm. Kuinka suuri on hihnan kehänopeus (m/s)?

1.64 Jyrsimen terän halkaisija on 80 mm. Laske jyrsimen terän pyörimisnopeus, kun leikkuunopeudeksi valitaan taulukosta 18 m/min.

1.65 Pylväsporakoneen poran halkaisija on 18 mm ja pyörimisnopeus 1 300 1/min. Laske poranterän ulkokehän lastuamisnopeus.

1.66 Penkkihiomakoneen laikan pyörimisnopeus on 2 950 1/min. Työsuorituksessa on käytettävissä ainoastaan 150 mm:n, 200 mm:n ja 250 mm:n laikkoja. Mitä laikkakokoja voidaan käyttää, jos suurin sallittu kehänopeus on ohjekirjan mukaan 35 m/s?

1.67 Mikä on työkoneen hihnapyörän Z_2 (d = 70 mm) pyörimisnopeus, jos moottorin Z_1 hihnapyörän pyörimisnopeus on 600 1/min ja hihnapyörän halkaisija d = 35 mm?



1.68 Auton nopeus on 120 km/h, ja sen renkaiden halkaisija on 620 mm. Laske renkaan pyörimisnopeus.

1.69 a) Mikä on työkoneen akselin pyörimisnopeus, kun moottori pyörii 1 580 1/min ja sen hihnapyörän halkaisija on 200 mm? Työkoneen hihnapyörän halkaisija on 450 mm.

b) Mikä on laitteen välityssuhde?

1.70 Työkoneen hammaspyörien välityssuhde on 1:6.
a) Käyttävän hammaspyörän halkaisija on 72 mm. Mikä on käytettävän hammaspyörän halkaisija?

b) Kuinka monta kierrosta käytettävä hammaspyörä pyörii minuutissa, kun käyttävän hammaspyörän pyörimisnopeus on 1 500 1/min?

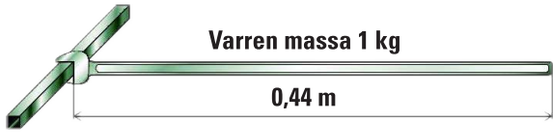
1.71 Mikä on moottorista vaihdelaatikkoon menevän kytkinakselin pyörimisnopeus, kun vaihteiston vetopyöriin menevä akseli pyörii 1 500 l/min ja kakkosvaihteen välityssuhde on 2,2:1?

1.72 Auton moottorin kytkinakselin pyörimisnopeus on 4 000 l/min. Vaihteiston ja vetopyörästön välityssuhde on 20:1.
a) Mikä on auton vetävien pyörien kierrosnopeus?

b) Mikä on tällöin auton nopeus, kun renkaan halkaisija on 0,62 m?

c) Millä vaihteella kuljettaja todennäköisesti ajaa autoa?

1.73 Kuinka suuri vääntövaikutus aiheutuu pelkästään työkalun omasta vääntövarren painosta, jos oletetaan, että vääntövarsi on yhtä tiheä joka kohdasta?



1.74 Auton jarrurumpua painetaan kahdella jarrukengällä 2 000 N:n voimalla. Kuinka suuren kitkavoiman ne saavat aikaan, kun kitkakerroin jarrurummun ja jarrukengän välissä on 0,35?

1.75 Auton nopeus kostealla asfalttitiellä on 90,0 km/h. Auton massa on 1 250 kg ja kitkakerroin $\mu = 0{,}60$ Mikä on auton jarrutusmatka?

1.76 Vuorikiipeilijä aloitti matkansa 720 metrin korkeudelta ja nousi Kebnekaisen huipulle 2 114 metrin korkeudelle.

a) Mikä on vuorikiipeilijän potentiaalienergian muutos eli hänen tekemänsä nostotyö, kun hän painaa 72,0 kg, kiipeilyvarusteet painavat 22,0 kg ja $g = 9{,}81\ \text{m/s}^2$?

b) Kuinka monta voisarvea kiipeilijän olisi syötävä energiantarpeeseensa, jos hän saa yhdestä voisarvesta energiaa 1 500 kJ?

c) Todellisuudessa kiipeilijä tarvitsee nousun aikana paljon enemmän energiaa, sillä ihminen pystyy hyödyntämään ruoan sisältämästä energiasta vain noin 10 %. Kuinka monta voisarvea kiipeilijä todellisuudessa tarvitsee kulutukseensa?

d) Lisäksi ihmisen lihasten käyttämästä energiasta suurin osa muuttuu lämmöksi. Oletetaan, että vuorikiipeilijä käyttää kaikkiaan 5 MJ energiaa nousunsa aikana. Kuinka monta voisarvea hänen pitäisi syödä, jotta hän saisi tämän energiamäärän ravinnosta?

1.77 Energian säilymislain mukaan kappaleen potentiaalienergia on putoamisen alussa yhtä suuri kuin kappaleen liike-energia putoamisen lopussa. Millä nopeudella kappale osuu maahan, kun se putoaa työmaan telineiltä 6,0 m:n korkeudelta?

1.78 Laske metsästyskiväärin luodin nopeus, kun luodin liike-energia on 4,3 kJ. Luodin massa on 12 g.

1.79 Laske, millä nopeudella uimahyppääjä osuu veteen, kun hän hyppää 10 m:n korkeudelta. Putoamiskiihtyvyys on 9,81 m/s^2.

1.80 Hallinosturilla nostetaan auto (massa 1 200 kg) 2,0 metrin korkeuteen. Kuinka paljon auton potentiaalienergia kasvaa?

1.81 Laske, kuinka korkealle pesäpallo kohoaa lukkarin kädestä, kun pallon lähtönopeus on 32 km/h.

POHDINTATEHTÄVÄT

1.82 a) Miksi korkeushypyn ja seiväshypyn alastulopaikat ovat pehmustettuja?
b) Miksi autojen istuimissa käytetään pääntukia?
c) Mikä on auton turvavyön merkitys nokkakolarissa matkustajalle?
d) Miksi kiinni juuttuneen ruuvin irrottamisessa on hiukan arveluttavaa yrittää jatkaa työkalun vartta?

1.83 Millä tavoin kitka riippuu
a) kappaleen painosta
b) hankaavien pintojen ominaisuuksista
c) hankaavien pintojen koosta?
d) Kaatuvatko naiset helpommin talvella liukkailla keleillä kuin miehet?
e) Miksi märkä tie on liukkaampi kuin kuiva tie?

TIEDONHAKUTEHTÄVÄT

1.84 Millainen maailma olisi, jos kitkaa ei olisi lainkaan?

1.85 Miksi ikiliikkujaa ei ole mahdollista rakentaa?

1.86 Tutki työsalissa olevien työkoneiden (levysirkkelin, pylväsporakoneen, porakoneen, ruuvinvääntimen, tasohöylän ja käsipyörösahan jne.) pyörimisnopeuksia. Pohdi, miksi työsalin laitteissa on eri pyörimisnopeudet.

1.87 Etsi auton huoltokirjasta tai internetistä tietoa siitä, mihin tiukkuuteen sylinterikannen pultit
a) esikiristetään aluksi
b) kiristetään lopuksi.

TUTKIMUSTEHTÄVÄT

1.88 Aseta pahvi lattialle ja yritä potkaista vauhtia pahvin päältä niin, että toinen jalkasi on lattialla. Pahvin päällä oleva jalkasi on vuorovaikutuksessa pahvin kanssa, joten pahvi lähtee kevyempänä liikkeelle etkä pääse mihinkään. Kokeile!

1.89 Hiero käsiäsi yhteen. Mitä tapahtuu ja miksi?

1.90 Tutki kahta erilaista käsipyörösahaa työsalissa. Kokeile sitten näillä kahdella erilaisella käsipyörösahalla kerroskorkeuden eli 280 cm:n pituisen 50 x 100 mm:n soiron eli ”kakkosnelosen” halkaisua rauhallisesti koneen maksimiteholla työskennellen. Koneiden arvokilvissä voi olla esimerkiksi seuraavia merkintöjä: (Makita 5603R) ø 165 mm, ottoteho 1 100 W, n/o 5 000 min–1 tai (Metabo KS66) ø 190 mm, ottoteho 1 400 W, 4 200 rpm.

Mittaa halkaisuun käytetty aika ja merkitse tulokset esimerkiksi seuraavalla sivulla olevan mallin mukaiseen taulukkoon. Vertaile tuloksia ja päättele laitteiden tehosta, kumpi käsipyörösaha oli tehokkaampi.

Opiskelija	Laite	Terän-halkaisija (ø)	Ottoteho	Kierrosnopeus (rpm)	Sahausaika	Sahauksessa tehty työ $W = Pt$	Teho $P = \frac{W}{t}$
1							
2							
3							

Luku 2
Valinnainen osuus

Lämpömäärän laskeminen

Lämpömäärä

$Q = mc\Delta t$

jossa c = aineen ominaislämpökapasiteetti

m = kappaleen massa ja

Δt = lämpötilan muutos.

Kappaleeseen sitoutuva lämpöenergia (lämpömäärä) riippuu aineesta, massasta ja lämpötilan muutoksesta. Kappaleeseen lämpenemisessä sitoutuva tai sen jäätyessään luovuttama lämpömäärä voidaan laskea seuraavalla kaavalla.

Esimerkki 10 Saunan padassa on 50 litraa 20 °C:n lämpöistä järvivettä. Kuinka paljon energiaa tarvitaan lämmittämään vesi kiehuvaksi?

Ratkaisu: Vettä on 50 l. Koska veden tiheys on 1 kg/dm^3, veden massa on 50 kg. Kiehuvan veden lämpötila on 100 °C, joten veden lämpötilan muutos on $\Delta t = 100\ °C - 20\ °C = 80\ °C$. Taulukon mukaan veden ominaislämpökapasiteetti on $4{,}2\ \frac{kJ}{kg\ °C}$. Tarvittava energia on

$$Q = mc\Delta t = 50\ kg \cdot 4{,}2\frac{kJ}{kg\ °C} \cdot 80\ °C = 16\,800\ kJ.$$

Vastaus: Energiaa tarvitaan 16 800 kJ = **16,8 MJ**.

Lämmönjohtumistehon laskeminen

Lämmönjohtumisteho

$$P = \lambda A\frac{\Delta t}{l}$$

jossa λ = aineen lämmönjohtavuus (λ, lue: lambda)

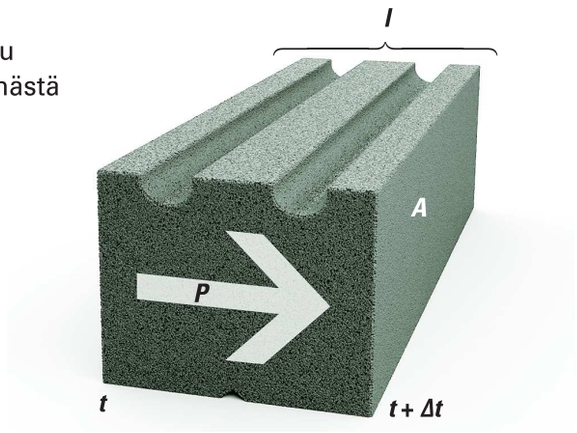
l = seinämän paksuus

Δt = lämpötilaero seinämän pintojen välillä ja

A = seinämän pinta-ala.

Lämmön johtuminen ainekerroksen läpi riippuu aineesta, pinta-alasta, ainekerroksen pintojen välisestä lämpötilaerosta ja ainekerroksen paksuudesta. Lämmönjohtumistehoa kuvaa viereinen kaava.

Lämpöenergiaa johtuu seinämän läpi lämpimästä kylmään.



Esimerkki 11 Savusaunan hirsiseinien yhteenlaskettu pinta-ala on 20 m^2. Seinät ovat 15 cm paksut. Saunan sisällä lämpötila on 80 °C ja ulkona 10 °C. Kuinka suurella teholla lämpöenergiaa siirtyy seinien läpi?

Ratkaisu: Taulukon mukaan puun lämmönjohtavuus $\lambda = 0{,}12\,\frac{\text{W}}{\text{m °C}}$. Seinien pinta-ala $A = 20$ m^2. Lämpötilaero seinän sisä- ja ulkopinnan välillä on $\Delta t = 80$ °C $-$ 10 °C $= 70$ °C. Seinän paksuus $l = 15$ cm $= 0{,}15$ m.

Lämpöenergiaa siirtyy teholla

$$P = \lambda A\frac{\Delta t}{l} = 0{,}12\,\frac{\text{W}}{\text{m °C}} \cdot 20\ \text{m}^2 \cdot \frac{70\,°\text{C}}{0{,}15\ \text{m}} = 1\,120\ \text{W}.$$

Vastaus: Lämpöenergiaa siirtyy seinien läpi teholla 1 120 W ≈ 1 100 W = **1,1 kW**.

Lämmönkuljetusteho

Lämmönkuljetusteho riippuu liikkuvasta aineesta, liikkuvan aineen massasta, liikkuvan aineen lämpötilasta ja ajasta. Kuljetusteho voidaan laskea, kun ensin lasketaan siirtyvän energian määrä lämpömäärän yhtälöllä $Q = mc\Delta T$ ja jaetaan tämä siirtymiseen käytetyllä ajalla.

Lämmönkuljetusteho

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{mc\Delta T}{\Delta t}$$

jossa c = liikkuvan aineen ominaislämpökapasiteetti

m = liikkuvan aineen massa

ΔT = liikkuvan aineen lämpötilan muutos ja

Δt = kuljetukseen käytetty aika.

Esimerkki 12 Lämpöpatteriin tulevan veden lämpötila on 70 °C, ja patterista poistuvan veden lämpötila 40 °C. Veden virtaus on 15 litraa tunnissa. Millä teholla patteri luovuttaa lämpöä?

Ratkaisu: Veden ominaislämpökapasiteetti $c = 4{,}2\ \text{kJ/(kg°C)}$, veden massa $m = 15\ \text{kg}$, lämmön kuljetuksen aika $\Delta t = 1\ \text{h} = 3\,600\ \text{s}$ ja veden lämpötilan muutos on $\Delta T = 70\ °\text{C} - 40\ °\text{C} = 30\ °\text{C}$.

Lämmönkuljetusteho on

$$P = \frac{mc\Delta T}{\Delta t} = \frac{15\ \text{kg} \cdot 4{,}2\frac{\text{kJ}}{\text{kg°C}} \cdot 30\ °\text{C}}{3\,600\ \text{s}} = 0{,}525\frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 0{,}525\ \text{kW}.$$

Vastaus: Patterin teho on 0,525 kW ≈ 0,500 kW = **500 W**.

Paineen suuruuden laskeminen

Paine kuvaa voiman jakautumista pinnalle. Paine kasvaa, jos voima vaikuttaa pienempään alaan.

Paine

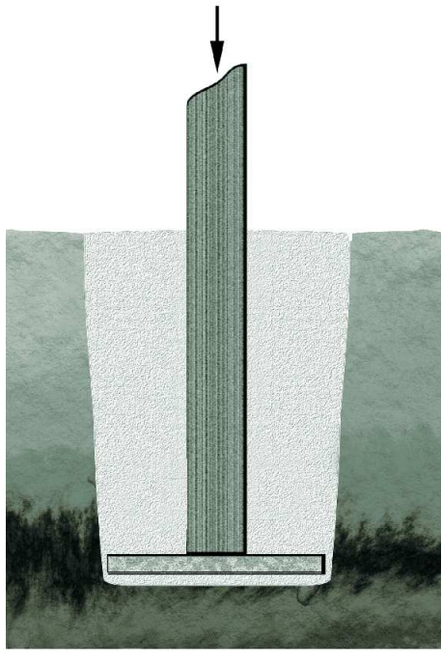
$$p = \frac{F}{A}$$

jossa p = paine

F = pintaa vastaan oleva kohtisuora voima ja

A = pinta-ala, johon voima kohdistuu.

Esimerkki 13 Talonrakennusnormien mukaan löyhällä soralla suurin sallittu pohjapaine on 0,2 MPa. Voiko 0,7 m^2:n anturan päällä olla 10 000 kg:n rakennelma?



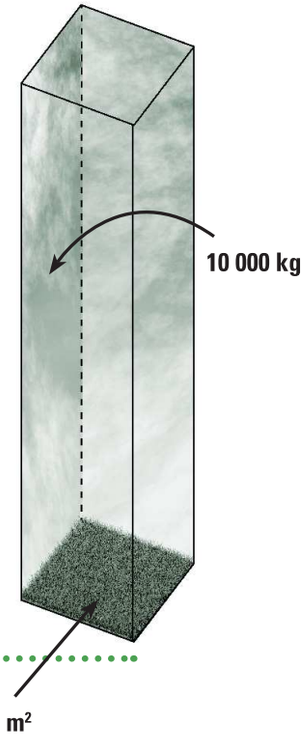
Ratkaisu: Jos rakennelman massa on 10 000 kg, sen paino on 100 000 N.
Anturan pinta-ala $A = 0{,}70\ m^2$.
Paine on

$$p = \frac{F}{A} = \frac{100\,000\ N}{0{,}7\ m^2} = 142\,857\ Pa \approx 143\,000\ Pa$$

$$= 0{,}143\ MPa.$$

Vastaus: Koska pohjapaine on pienempi kuin sallittu suurin pohjapaine, **perustamistavan valinta on asianmukainen.**

Esimerkki 14 Kuinka suuri massa on 1 neliömetrin alan peittävällä ilmakehän ilmalla? Ilmanpaine on 100 000 Pa.



Ratkaisu: Paine on $p = \frac{F}{A}$, joten paineen aiheuttama voima on $F = pA$. Ilmanpaine $p = 100\,000$ Pa, ja paine kohdistuu pinta-alalle $A = 1\ m^2$. Ilmakehän maan pintaan kohdistama voima on siten

$$F = 100\,000\ Pa \cdot 1\ m^2 = 100\,000 \frac{N}{m^2} \cdot 1\ m^2$$

$$= 100\,000\ N.$$

Tämä on yhtä suuri kuin ilmamassan paino.
Kun ilman paino on 100 000 N, massa on 10 000 kg.

Vastaus: Massa on **10 000 kg**.

Kun kaasun paine kasvaa, tilavuus pienenee

Boylen laki

pV = vakio, kun lämpötila on vakio.

p = kaasun paine

V = kaasun tilavuus.

Jos suljetussa säiliössä olevaa kaasua puristetaan kokoon, sen paine kasvaa, jos kaasun lämpötila ei muutu. Vastaavasti paine pienenee, jos kaasun tilavuus kasvaa. Tätä kaasun paineen p ja tilavuuden V välistä yhteyttä kutsutaan Boylen laiksi.

Esimerkki 15 Matkustaja joi lentokoneessa muovisen vesipullon tyhjäksi ja sulki korkin tiiviisti. Kotona hän huomasi, että pullo oli litistynyt kasaan. Hän mittasi litistyneen pullon tilavuudeksi 450 ml. Täyden pullon tilavuus oli 500 ml. Kuinka suuri paine vallitsi mittauksen mukaan lentokoneen matkustamossa, jos ilmanpaine kotona oli 1 007 hPa.

Ratkaisu: Ilmanpaine koneessa p_1 = ?
Ilmanpaine kotona p_2 = 1 007 hPa.
Tilavuus lentokoneessa V_1 = 500 ml.
Tilavuus kotona V_2 = 450 ml.
Boylen lain mukaan $p_1V_1 = p_2V_2$.

$$p_1 = \frac{p_2V_2}{V_1} = \frac{1\,007\ \text{hPa} \cdot 450\ \text{ml}}{500\ \text{ml}} = 906{,}3\ \text{hPa} \approx 910\ \text{hPa}.$$

Vastaus: Paine lentokoneessa oli ollut **910 hPa**.

Esimerkki 16 Hitsauskaasua sisältävän pullon tilavuus on 40 l ja paine pullossa 200 bar. Kuinka monta litraa kaasua on normaali-ilmanpaineessa (1 bar)?

Ratkaisu: Paine säiliössä p_1 = 200 bar.
Ilmanpaine p_2 = 1 bar.
Tilavuus kaasusäiliössä V_1 = 40 l.
Tilavuus säiliön ulkopuolella V_2 = ?

Boylen lain mukaan $p_1V_1 = p_2V_2$.

$$V_2 = \frac{p_1V_1}{p_2} = \frac{200\ \text{bar} \cdot 40\ \text{l}}{1\ \text{bar}} = 8\,000\ \text{l}$$

Vastaus: Kaasun tilavuus on **8 000 l**.

2.34 Kuinka paljon 10 kg vettä lämpenee, kun lämmitykseen kuluu 1 600 kJ energiaa?

2.35 Autonosturin männän pinta-ala on 0,15 m^2, ja siihen vaikuttaa 1 100 kN:n voima. Kuinka suuri paine männässä on?

2.36 Kuinka suurella voimalla auton jarrupoljinta täytyy painaa, jotta 400 mm^2:n kokoinen mäntä aiheuttaa 3 MPa:n paineen?

2.37 Suihkussa käydessä käytetään 10 litraa lämmintä vettä. Vesi lämmitetään sähkölämmittimellä 10 °C:n lämpöisestä 60 °C:n lämpöiseksi.

a) Kuinka paljon tarvitaan energiaa veden lämmitykseen?

b) Kuinka paljon suihkussa käynti maksaa lämpimän veden osalta, jos sähköenergian hinta on 0,10 €/kWh?

2.38 a) Kuinka paljon energiaa sitoutuu lämminvesivaraajaan, jos vesi lämmitetään 5 °C:n lämpöisestä 60 °C:n lämpöiseksi? Lämminvesivaraajan tilavuus on 500 l.

b) Kuinka kauan lämmitys kestää, jos varaajan teho on 1 000 W ja hyötysuhteen oletetaan olevan 100 %?

2.39 Miten edellisen tehtävän vastaus muuttuisi, jos lämminvesivaraajan neste olisikin etanolia?

2.40 a) Kuinka paljon tarvitaan energiaa, jotta 10 kg 0 °C:n lämpöistä vettä saadaan lämpiämään 30 °C:n lämpöiseksi?

b) Kuinka paljon tällä energialla lämpenisi sama määrä etanolia?

2.41 Nelihenkinen perhe käytti vettä 115 dm^3/hlö/vrk. Lämpimän veden osuus oli 40 %.
Jos vettä lämmitetään 50 °C, kuinka paljon energiaa kuluu vuodessa veden lämmittämiseen?

2.42 Kuinka monta kilogrammaa vettä voidaan lämmittää 20 °C:sta 100 °C:seen, kun käytettävissä on 2 000 kJ energiaa?

2.43 Huoneen ulkoseinän pinta-ala on 25 m^2 ja seinän U-arvo 0,25 W/Km^2. Kuinka suurella teholla lämpöä johtuu seinän läpi, jos sisälämpötila on 22 °C ja ulkolämpätila on – 8 °C

2.44 Ulkovaraston ulkoseinien paksuus on 10 cm, lämmönjohtavuuskerroin 0,15 W/m °C ja seinän pinta-ala 25 m^2. Lämpötila seinän sisä- ja ulkopinnan välillä on 20 °C. Kuinka suurella teholla lämpöenergiaa siirtyy seinien läpi?

2.45 Lämpöpatterin tuloveden lämpötila on 60 °C ja lähtöveden 35 °C. Kuinka suurella teholla patteri lämmittää huonetta, jos sen läpi kulkee 20 dm^3 vettä tunnissa?

2.46 Kaasupullon tilavuus on 2,4 dm^3, ja kaasun paine on 1,2 MPa. Kuinka suuri on kaasun tilavuus, kun se on päästetty ulkoilmaan. Ilmanpaine ulkona on 1 030 hPa.

Luku 3
Valinnainen osuus

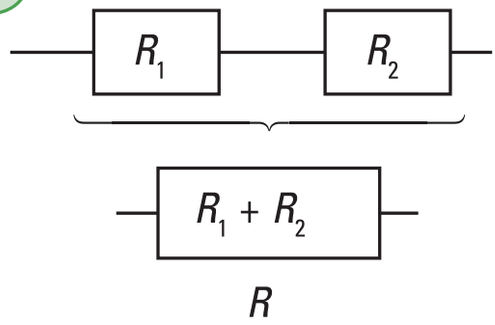
Vastusten kytkennällä saadaan haluttu resistanssi

Kaupallisesti tuotetuilla vastuksilla on tietyt resistanssiarvot. Usein laitteeseen kuitenkin tarvitaan vastus, jonka resistanssi poikkeaa saatavilla olevista komponenteista. Ongelma voidaan ratkaista kytkemällä olemassa olevia vastuksia sopivasti joko sarjaan tai rinnan.

Sarjaankytkentä
Jos kaksi vastusta on kytketty sarjaan, kokonaisresistanssi

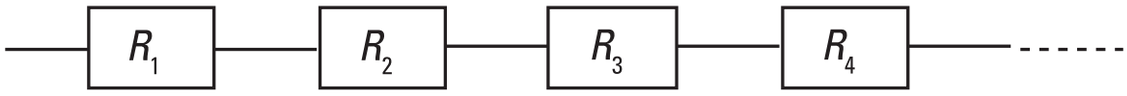
$R = R_1 + R_2$.

Sarjaankytkennässä vastukset on kytketty peräkkäin. Kytkennässä resistanssi kasvaa ja kokonaisresistanssi on osavastusten resistanssien summa.



Jos useampia vastuksia on kytketty sarjaan, kokonaisresistanssi saadaan vastusten resistanssien summana.

$R = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$



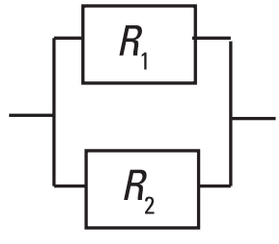
Rinnankytkennässä sähkövirralla on kaksi mahdollista tietä, jolloin resistanssi pienenee.

Rinnankytkentä
Kahden rinnankytketyn vastuksen kokonaisresistanssi

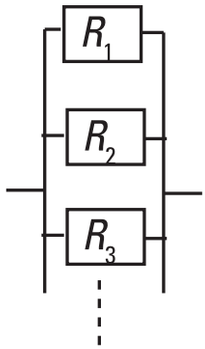
$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Jos kaksi vastusta on kytketty rinnan, kokonaisresistanssi R saadaan lausekkeesta

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$



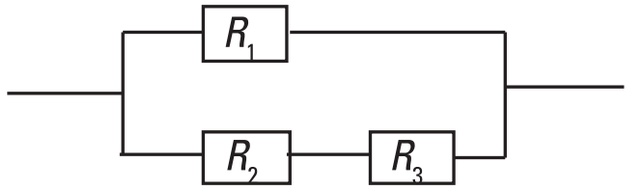
Jos rinnankytkettyjä vastuksia on useampia, kokonaisresistanssin R käänteisarvo saadaan osaresistanssien käänteisarvojen summana.



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots$$

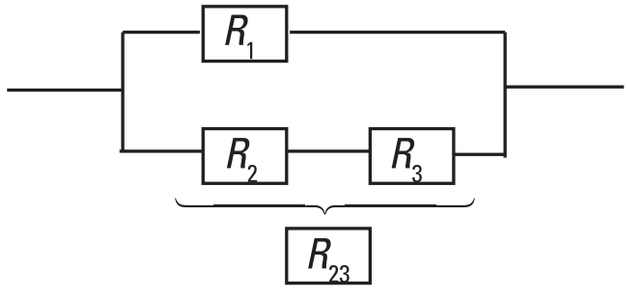
Rinnankytkennässä kokonaisresistanssi on aina pienempi kuin yksittäiset resistanssit.

Esimerkki 12 Laske kuvan kytkennän kokonaisresistanssi. Vastusten resistanssien arvot ovat $R_1 = 15\ \Omega$, $R_2 = 20\ \Omega$ ja $R_3 = 12\ \Omega$.



Ratkaisu: Vastukset 2 ja 3 on kytketty sarjaan. Niiden kokonaisresistanssi R_{23} saadaan summana

$$R_{23} = R_2 + R_3 = 20\ \Omega + 12\ \Omega = 32\ \Omega.$$



Vastukset 1 ja 23 ovat rinnankytketyt.

Kokonaisresistanssi R_{123} saadaan nyt rinnankytkennä lausekkeesta.

$$\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{23}}$$

Sijoitetaan lukuarvot $R_1 = 15\ \Omega$ ja $R_{23} = 32\ \Omega$.

$$\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{15\ \Omega} + \frac{1}{32\ \Omega}$$

Laskimella saadaan, että

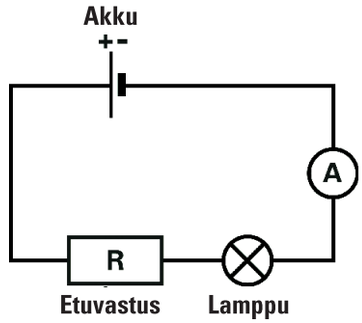
$$\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{15\ \Omega} + \frac{1}{32\ \Omega} = 0{,}06667\frac{1}{\Omega} + 0{,}03125\frac{1}{\Omega} = 0{,}09792\frac{1}{\Omega}.$$

Edelleen laskinta käyttämällä saadaan kokonaisresistanssi $R_{123} = 10{,}2124\ \Omega \approx 10{,}2\ \Omega$.

Vastaus: Kokonaisresistanssi on **10,2** Ω.

Esimerkki 13 Käytössä on 12 V:n akku. Minkälainen etuvastus täytyy kytkeä sarjaan 9 V:n lampun kanssa, jotta lamppu ei rikkoudu? Lampun maksimiteho on 10 W.

Ratkaisu: Koska kyseessä on sarjaankytkentä, akun jännite (12 V) on yhtä suuri kuin lampun jännitteen (9 V) ja etuvastuksen jännitteen summa.



Etuvastuksen tulee siis olla sellainen, että siinä jännite on 3 V.

Lampun maksimisähkövirta on.

Koska kyseessä on sarjaankytkentä, etuvastuksen sähkövirta on yhtä suuri. Silloin etuvastuksen resistanssi on

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3\ \text{V}}{1{,}111\ \text{A}} = 2{,}700\ \Omega$$

Vastaus: Etuvastuksen resistanssi on **2,7** Ω.

Muuntajan muuntosuhde

Muuntajan sähkövirran ja jännitteen muunto-ominaisuudet riippuvat sekä ensiö- että toisiopuolen kierrosten lukumaarasta. Muuntosuhde voidaan laskea seuraavalla kaavalla.

Muuntajan muuntosuhteet

Jännitteiden muunto: $\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$ Sähkövirtojen muunto: $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$

N_1 = ensiökäämin kierrostenlukumäärä
N_2 = toisiokäämin kierrosten lukumäärä
U_1 = ensiökäämin jännite
U_2 = toisiokäämin jännite
I_1 = ensiökäämin sähkövirta
I_2 = toisiokäämin sähkövirta.

Esimerkki 14 Pistehitsauksessa tarvitaan suuri sähkövirta. Tarvittava sähkövirta saadaan sopivalla muuntajalla. Kuinka monta kierrosta on muuntajan toisiopuolella, jos ensiöpuolella on 1 000 kierrosta ja ensiövirta on 1 A ja toisiovirta 200 A?

Ratkaisu: Sähkövirtojen muunto: $\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$, joten $\frac{1\,000}{N_2} = \frac{200\ \text{A}}{1\ \text{A}}$.

Kerrotaan ristiin, jolloin saadaan $1\,000 \cdot 1\ \text{A} = 200\ \text{A} \cdot N_2$.

Jaetaan puolittain 200 A:lla, jolloin saadaan $N_2 = \frac{1\,000\ \text{A}}{200\ \text{A}} = 5$.

Vastaus: Toisiopuolella on **5 kierrosta**.

Tehtäviä

3.37 Kaksi 220 Ω:n vastusta ja 110 Ω:n vastus kytketään sarjaan.

a) Piirrä kytkennän kuva.

b) Kuinka suuri on kytkennän kokonaisresistanssi?

3.38 Kaksi 220 Ω:n vastusta ja 110 Ω:n vastus kytketään rinnan.

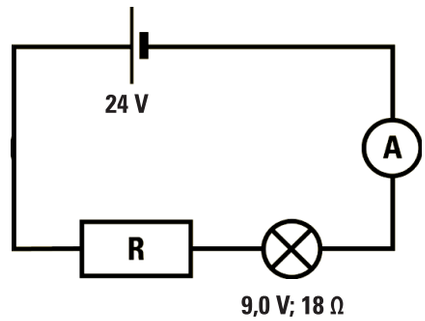
a) Piirrä kytkennän kuva.

b) Kuinka suuri on kytkennän kokonaisresistanssi?

3.39 9,0 V:n polttimo kytkettiin sarjaan etuvastuksen kanssa 24 V:n jännitteeseen.

a) Kuinka suurta sähkövirtaa virtamittari näyttää?

b) Kuinka suuri jännite etuvastuksessa on?



c) Kuinka suuri virta etuvastuksessa on?

d) Kuinka suuri etuvastuksen teho on?

e) Kuinka suuri polttimon teho on?

3.40 Kaksi 110 Ω:n vastusta kytkettiin sarjaan ja nämä sarjaankytketyt vastukset 9,0 V:n paristoon. Kytkentään lisättiin vastusten ja jännitelähteen väliin virtamittari, jolla mitattiin piirin sähkövirtaa. Kytkentään lisättiin vielä jännitemittari mittaamaan sarjassa jälkimmäisen vastuksen jännitettä.

a) Piirrä kytkennän kytkentäkaavio.

b) Merkitse mittareiden viereen niiden näyttämät lukemat.

c) Mikä olisi jännitemittarin lukema, jos se siirretään toisen vastuksen rinnalle?

d) Mikä on virtamittarin lukema, jos se siirretään vastusten väliin?

3.41 Laite, jonka resistanssi on 30 Ω ja käyttöjännite 6,0 V, kytketään 24 V:n jännitelähteeseen. Koska laite ei kestä näin suurta jännitettä, sen kanssa kytketään sarjaan etuvastus.

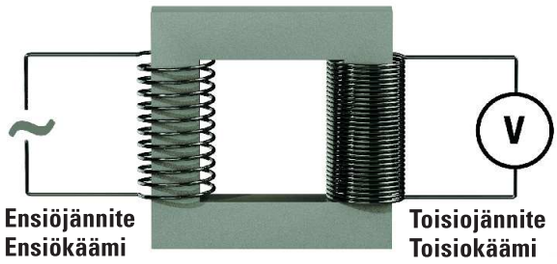
a) Piirrä kytkennän kuva.

b) Kuinka suuri on etuvastuksen resistanssi?

3.42 Kuinka monta kierrosta on muuntajan toisiopuolella, jos ensiöpuolella on 5 kierrosta ja ensiöpuolen jännite on 12 V ja toisiopuolen jännite 20 000 V?

3.43 Missä tilanteessa muuntajan toisiopuoleen kytketty jännitemittari näyttää suurinta lukemaa?

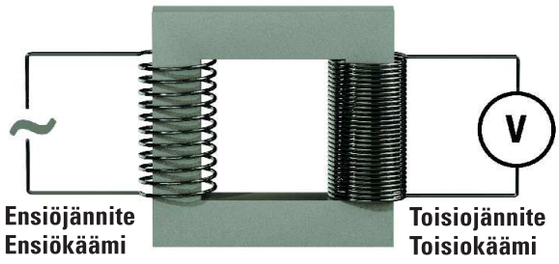
a)



12 V

100 kierrosta 200 kierrosta

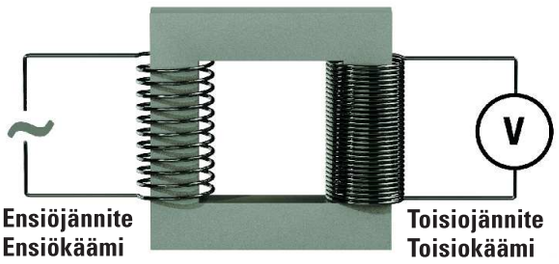
b)



12 V

100 kierrosta 50 kierrosta

c)

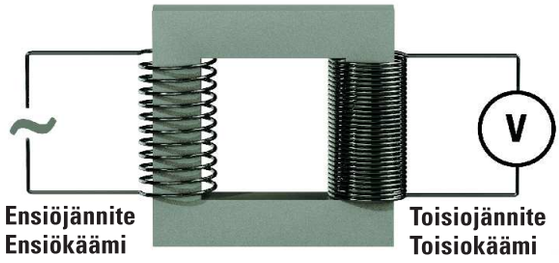


12 V

100 kierrosta 10 kierrosta

3.44 Missä tilanteessa muuntajan toisiopuoleen kytketty jännitemittari näyttää suurinta lukemaa?

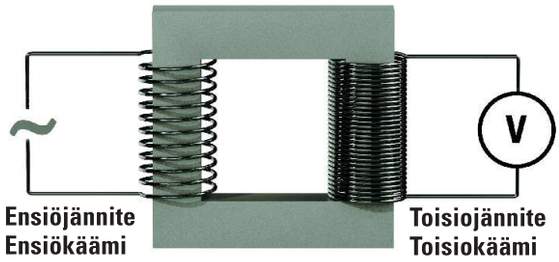
a)



12 V

100 kierrosta 200 kierrosta

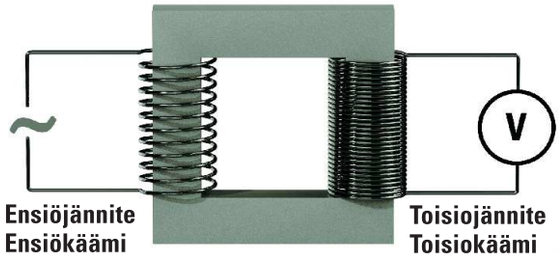
b)



6 V

100 kierrosta 200 kierrosta

c)



24 V

100 kierrosta 200 kierrosta

Luku 4
Valinnainen osuus

Taajuus kuvaa äänen korkeutta

Ihminen aistii äänen joko matalana tai korkeana, ja taajuus kuvaa äänen korkeutta. Ääni kuullaan sitä korkeampana, mitä suurempi sen taajuus on. Taajuuden yksikkö on = Hz (lue: hertsi), kun tapahtuu yksi värähdys sekunnissa.

Korkea ääni kuullaan **kimeänä** (2–6 kHz). Naisen puheen perustaajuus eli puhekorkeus on noin 180–220 Hz. Vastaavasti möreä ääni kuullaan matalana, koska sen taajuus on **pieni**. Esimerkiksi bassokitaran ääni on **matala** (20–200 Hz). Miehellä puheen perustaajuus on keskimäärin 90–130 Hz.

Taajuus kuvaa äänen korkeutta.

Ääniaallot voivat edetä vain aineessa, kuten kaasuissa, nesteissä ja kiinteissä aineissa. Ääniaallot eivät siis etene tyhjiössä, esimerkiksi avaruudessa, koska siellä ei ole äänen siirtymiselle välttämätöntä väliainetta.

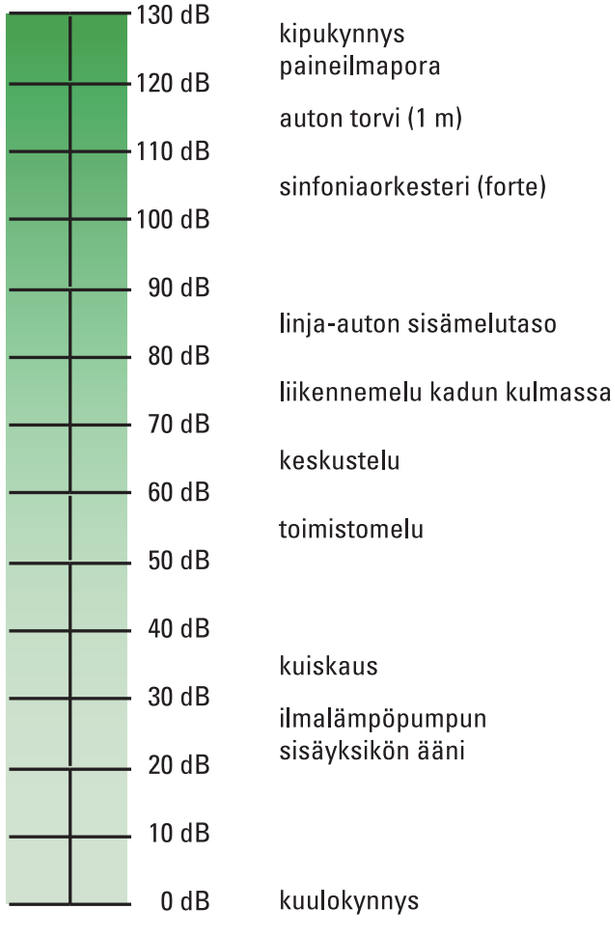
Äänen nopeus ilmassa on noin 340 m/s. Vedessä ääni kulkee noin neljä kertaa nopeammin.

Kuuleminen riippuu äänen voimakkuudesta ja taajuudesta

Normaalikuuloisen ihmisen kuulokynnystaso on 0–20 dB. Kuulokynnyksen alapuolella olevia ääniä ihminen ei kuule. Metrin päästä kuunneltuna kuiskauksen voimakkuus on noin 30 dB ja tavallisen puheen noin 60 dB. Yli 120 dB:n ääni vahingoittaa ihmisen korvia pysyvästi. Tästä syystä kovassa melussa, esimerkiksi työsaleissa ja rock-konserteissa, on syytä käyttää kuulosuojaimia.

Ihmisen kuuloalue kattaa parhaimmillaan taajuusalueen 20–20 000 hertsiä ja herkimmillään se on taajuusalueella 2 000–6 000 Hz (2–6 kHz). Tälle alueelle sijoittuvat monet hälytys- ja varoitusäänet, ja taajuusalueen käyttäminen parantaa myös puheen selkeyttä. Taajuusalueen vaimen-

taminen puolestaan muuttaa puheen epäselväksi ja mumisevaksi. Kuulovamma syntyy tavallisesti aluksi juuri 2 000–6 000 Hz:n alueella. Ihmisen kuuloalueen alarajaa (eli 20 Hz:ä) matalampia ääniä kutsutaan infraääniksi ja kuuloalueen ylärajaa (20 kHz:ä) korkeampia ääniä puolestaan ultraääniksi.



Ihmisen korvan kuuloalueen erotuskyky

Ääntä käytetään hyväksi teknisissä tutkimuksissa

Ultraäänellä etsitään muun muassa laivalohkolevyjen hitsausvirheitä ja metalliesineiden rakennevikoja sekä tutkitaan betonivaluissa mahdollisesti olevia halkeamia.

Kaikuluotauksessa hyödynnetään ultraäänen etenemistä vedessä ja heijastumista kalaparvesta takaisin. Laite ilmoittaa kaikusignaalin edestakaisin kulkeman kokonaisajan ja laskee kohteen etäisyyden.

Eläimille ääni on välttämätön

Koiran kuuloalue on 70–100 000 Hz. Koirat kuulevat siis paljon kimeämpiä ääniä kuin ihmiset. Kalan kuuloelimenä taas toimii kylkiviiva-aistin. Sen avulla kala havaitsee veden paineen muutoksen. Kylkiviiva-aistilla on ilmeisesti monia muitakin tehtäviä, joita kaikkia ei vielä tarkasti tunneta.

Meluhaittojen ehkäisy

Melun vaimennus ja siihen liittyvät toimenpiteet ovat osa asutun ympäristön suunnittelua. Ääniopilliset näkökohdat ja rakennuskustannukset puoltavat meluesteiden sijoittamista lähelle melunlähteenä olevan tien reunaa.

Tärkeimpiä liikennemelun ehkäisemiseen käytettäviä rakennelmia ja toimenpiteitä ovat meluseinät, meluvallit, istutukset, rakennusten sijoittelu ja itse rakennuksiin tehtävät äänieristeet sekä liikennejärjestelyt ja -rajoitukset.

Yhdyskunnissa esiintyvän melun estäminen

Ympäristömelua aiheuttavat tekijät, kuten kaupunkien vilkasliikenteiset ohikulkutiet, lentokentät ja teollisuuslaitokset, pyritään yhdyskuntien suunnittelussa sijoittamaan taajamien ulkopuolelle kaavoitusratkaisuin. Niin sanotut lentomelukäyrät ohjaavat asuntorakentamista. Jos melu ylittää 55 desibeliä, alueelle ei ole lupa rakentaa uutta asuinaluetta. Vastaavasti koulut, oppilaitokset ja lasten päiväkodit pyritään sijoittamaan rauhallisille alueille, joissa ei ole läpikulkuliikennettä. Maankäyttö ja liikenteen suunnittelu ovat siten avainasemassa yhdyskunnan meluhaittoja ehkäistäessä.

Kuulolle haitallista melua esiintyy usein esimerkiksi tuotannossa, jossa käytetään suuria energiamääriä joko valmistukseen tai kuljetukseen. Kuulolle erityisen haitallista impulssimelua esiintyy metalli- ja rakennusteollisuudessa. Impulssimeluksi luokitellaan ääni tai melu, jonka kesto on vähemmän kuin 1 ms (esim. vasaralla metallilevyyn lyöminen).

Meluntorjuntakeinoja

Meluntorjuntakeinoina voidaan käyttää

- melun syntymisen estämistä
- melun etenemisen estämistä vastamelulla lähettämällä vastakkaisesta suunnasta taajuudeltaan ja aallonpituudeltaan samanlaista melua
- melun vaimentamista akustoinnilla sijoittamalla vaimentavaa materiaalia kattoihin ja seiniin
- henkilökohtaisia kuulonsuojaimia
- melussa oloajan rajoittamista.

Taajama-alueella torjutaan liikennemelua rakentamalla meluesteitä tai ottamalla asia huomioon kaavoituksessa.

Meluntorjunta teollisuudessa

Melua torjutaan teollisuudessa tekemällä melutilanneselvitys ja torjuntasuunnitelma sekä toimimalla esimerkiksi seuraavasti:

- Melunlähteiden lukumäärää vähennetään, laitteiden tehoa ja suurten ilmamäärien virtausnopeutta pienennetään tai laitteiden toiminta-aikaa rajoitetaan.
- Melunlähteitä varustetaan äänenvaimentimilla, tärinänvaimentimilla tai koteloilla.
- Melunlähteet korvataan uusilla vähämeluisemmilla lähteillä.
- Lähteiden tai kohteiden lähelle sijoitetaan meluesteitä, seinäkkeitä, väliseiniä ja rakennuksia.

Tehtäviä

4.10 Millainen ääni on häiritsevää?

4.11 Miten melulta voi suojautua?

4.12 Mitä terveyshaittoja melu voi aiheuttaa?

TIEDONHAKUTEHTÄVÄT

4.13 Etsi internetistä tietoa ja selvitä, miten ultraääntä sovelletaan
a) mittaustekniikassa
b) kaikuluotauksessa
c) kalaparven etsimisessä
d) metalliesineiden rakennevikojen etsimisessä.

TUTKIMUSTEHTÄVÄT

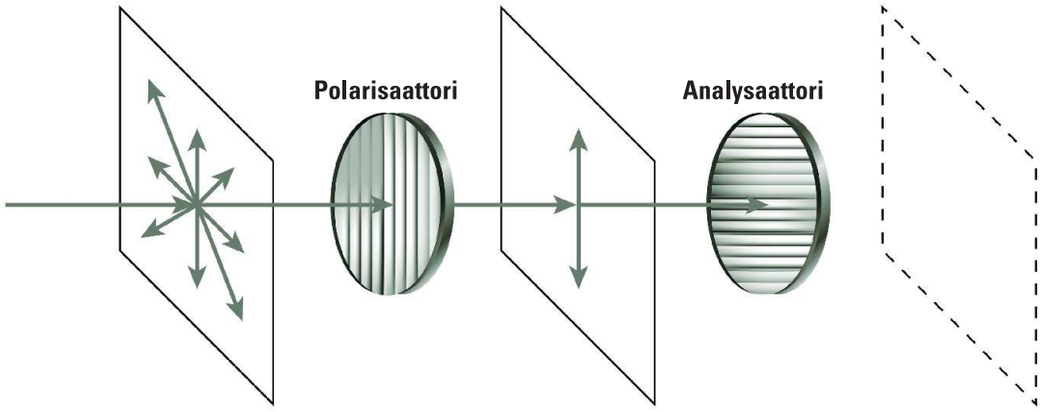
4.14 Pidä kahta paperiarkkia edessäsi. Alemman paperin tulee olla noin 1 cm:n edempänä kuin ylempi paperi. Puhalla suoraan kohti papereita. Mitä tapahtuu?

4.15 Mieti, miltä äänetön maailma tuntuisi.

Luku 5
Valinnainen osuus

Valon polarisaatiossa värähtely suuntautuu

Normaalissa, polarisoitumattomassa valossa värähtelyä tapahtuu kaikkiin suuntiin kohtisuorassa aallon etenemissuuntaan nähden. Valo on polarisoitunutta, jos värähtelyä tapahtuu vain yhdessä suunnassa.



Jos polarisoitumaton valo kulkee polarisaattorin läpi, värähtelyä on vain polarisaattorin määräämässä suunnassa. Valo on polarisoitunut, eikä ristikkäisessä asennossa olevan toisen polarisaatiolevyn läpi (analysaattori) pääse valoa.

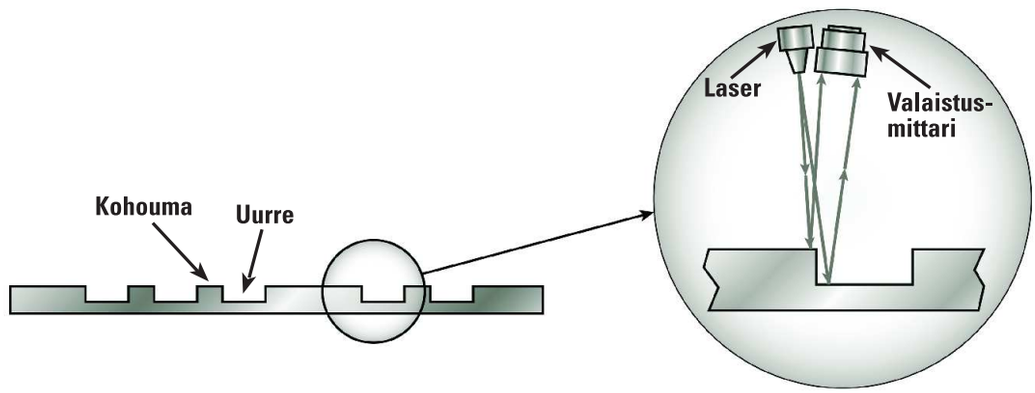
Polarisaattorit on valmistettu aineesta, jonka kiderakenne aiheuttaa polarisaation. Polarisaatiota aiheuttaa myös valon heijastuminen esimerkiksi vedestä tai muista eristemateriaaleista. Metallipinnoista ja yleisemmin johteista heijastunut valo ei juuri polarisoidu.

Polarisaatiota käytetään hyväksi nestekidenäytöissä, esimerkiksi laskimissa ja matkapuhelimissa. Polarisaatiolla voidaan mitata myös nesteiden pitoisuuksia. Tämä perustuu siihen, että valon polarisaatiosuunta kääntyy, kun valo kulkee esimerkiksi sokeriliuoksen läpi. Mitä väkevämpi liuos on, sitä enemmän kääntymistä tapahtuu.

Valon interferenssi on aaltojen yhteisvaikutusta

Interferenssi tarkoittaa kahden aallon yhteisvaikutusta. Tällaisen yhteisvaikutusilmiön voi nähdä esimerkiksi veden pinnalla olevassa öljyläikässä. Öljyläikkään osuvasta valosta osa heijastuu öljyläikän yläpinnasta. Osa valosta taas taittuu läikän sisälle ja heijastuu sen alapinnasta. Ylä- ja alapinnasta heijastuneet aallot kohtaavat yläpinnalla ja interferoivat. Tällöin valo vahvistuu ja heikkenee kalvon paksuuden, valon aallonpituuden (värin) ja heijastuskulman mukaan, minkä johdosta kalvon pintaan syntyy värikuvioita. Tätä ominaisuutta voidaan käyttää kalvojen paksuuden mittaamiseen.

CD- ja DVD-levyjen lukeminen perustuu interferenssiin. Levyn pinnassa on noin 125 nm:n syvyisiä uurteita. Kun lukulaitteen lähettämä laservalo heijastuu uurteen syvennyksestä, se on kulkenut pidemmän matkan kuin uurteettomasta paikasta heijastunut valo. Uurteenpohjasta tuleva valo ja uurteettomasta paikasta tulevat valonsäteet interferoivat. Interferenssin vaikutuksesta valon intensiteetti pienenee. Heijastuneen valon intensiteetti vaihtelee siten sen mukaan, tuleeko valoa pelkästään uurteettomalta alueelta tai uurteen pohjasta. Nämä intensiteetin vaihtelut rekisteröidään ja muutetaan kuultavaksi ääneksi.

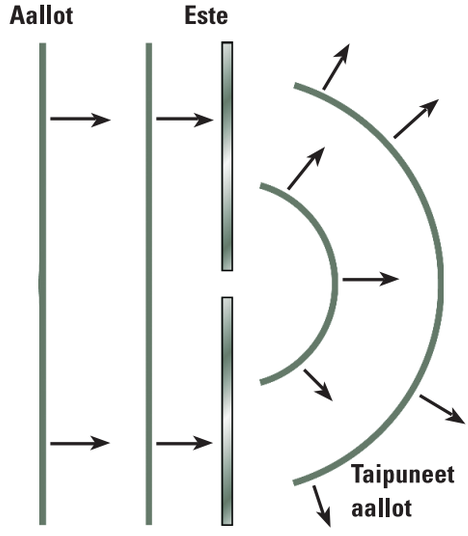


CD-levyn pinta ja valon interferenssi, kun valo heijastuu levystä

Valo taipuu reunoissa

Arkielämässä usein ajatellaan, että valon eteen osuva esine aiheuttaa esineen taakse varjon eli valottoman kohdan. Todellisuudessa kuitenkin myös esineen takana on hivenen valoa. Tämä ilmiö johtuu valon taipumisesta eli diffraktiosta, jossa osa valosta taipuu esineen taakse. Arkielämässä tällä ilmiöllä ei ole merkitystä, mutta diffraktion avulla voidaan mitata esimerkiksi ohuiden säikeiden halkaisijoita.

Valolle analoginen diffraktio tapahtuu, kun veden aallot kohtaavat esteen. Esimerkiksi siltarummun läpi tulleet aallot taipuvat vapaassa vedessä tai aallot taipuvat laiturin taakse.



Aallon taipuminen, diffraktio, aukossa. Aalto ei etene pelkästään aukon suunnassa vaan myös aukon sivuille.

Dopplerin ilmiössä taajuus muuttuu

Jos valon tai yleisemmin sähkömagneettisen säteilyn lähde liikkuu, havaittava taajuus poikkeaa paikallaan olevan samanlaisen lähettimen taajuudesta. Taajuuden muutos riippuu lähteen nopeudesta. Tätä taajuuden muutosta kutsutaan Dopplerin ilmiöksi. Koska taajuuden muutos riippuu kohteen nopeudesta, ilmiötä voidaan käyttää nopeuden mittaamisessa. Muun muassa poliisin nopeudenvalvontatutka määrittää auton nopeuden Dopplerin ilmiön avulla.

5.14 Kuvaile lyhyesti seuraavia ilmiöitä:

a) valon polarisaatio

b) valon interferenssi.

5.15 Mihin valon ominaisuuteen perustuvat seuraavat sovellukset:

a) nopeustutka

b) aurinkolasit

c) DVD-levy?

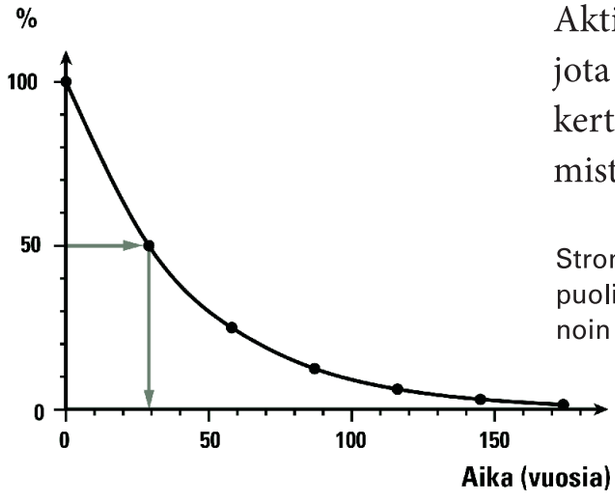
5.16 Testaa, ovatko polaroid-aurinkolasisi todella polaroivat. Katso polaroid-lasien läpi metallipinnasta heijastuvaa valoa. Jos valon kirkkaus vaihtelee, lasit ovat polaroivat. Toista testi katsomalla matkapuhelimen näyttöä. Jos laseja kiertäessä näyttö jossakin vaiheessa pimenee, lasit ovat polaroivat.

Luku 6
Valinnainen osuus

Radioaktiivinen hajoaminen

Suurin osa isotoopeista on **radioaktiivisia**. Se tarkoittaa, että isotoopit hajoavat pienemmiksi ytimiksi aivan itsestään. Radioaktiivisessa hajoamisessa alkuaine muuttuu aina toiseksi alkuaineeksi, joka voi olla radioaktiivinen tai pysyvä. Jos hajoamistuotteet ovat radioaktiivisia, nekin hajoavat edelleen niille tyypillisellä tavalla.

Jokaisella radioaktiivisella isotoopilla on sille ominainen **puoliintumisaika**. Puoliintumisaika on aika, jonka kuluessa puolet radioaktiivisen aineen ytimistä on hajonnut toisiksi ytimiksi. Puoliintumisajat vaihtelevat sekunnin murto-osista miljardeihin vuosiin. Yksittäisen ytimen hajoamista ei voida ennustaa, mutta puoliintumisajan jälkeen puolet ytimistä on hajonnut. Puoliintumisajan jälkeen myös aineen aktiivisuus on puoliintunut.



Strontium-90:n (Sr-90) puoliintumisaika on noin 29 vuotta.

Aktiivisuus kuvaa säteilyn määrää, jota radioaktiivinen aine tuottaa. Se kertoo myös, kuinka monta hajoamista aineessa tapahtuu sekunnissa.

Puoliintumisaikoja

Aine	Puoliintumisaika $T_{½}$
hiili-14 (C-14)	5 730 vuotta
cesium-137 (Cs-137)	30 vuotta
strontium-90 (Sr-90)	29 vuotta
cesium-134 (Cs-134)	2 vuotta
strontium-89 (Sr-89)	51 vuorokautta
jodi-131 (I-131)	8 vuorokautta
radon-222 (Rn-222)	3,8 vuorokautta

Esimerkki 2 Porakaivon vedessä on radonia. Kuinka kauan pitää odottaa, että sangossa olevan veden aktiivisuus on a) puoliintunut b) kahdeksasosa alkuperäisestä? Kyseessä on radonin isotooppi Rn-222, jonka puoliintumisaika on noin neljä vuorokautta.

Ratkaisu: Puoliintumisajan eli 4 vuorokauden kuluessa radioaktiivisten radonydinten lukumäärä puoliintuu ja samalla myös aktiivisuus puoliintuu. Seuraavaan taulukkoon päätellään aktiivisuus neljän ensimmäisen puoliintumisajan jälkeen.

Aktiivisuus	Puoliintumis-aikojen	Kulunut aika (vuorokautta)
yksi	0	0
puolet	1	4
neljäsosa	2	8
kahdeksasosa	3	12
kuudestoistaosa	4	16

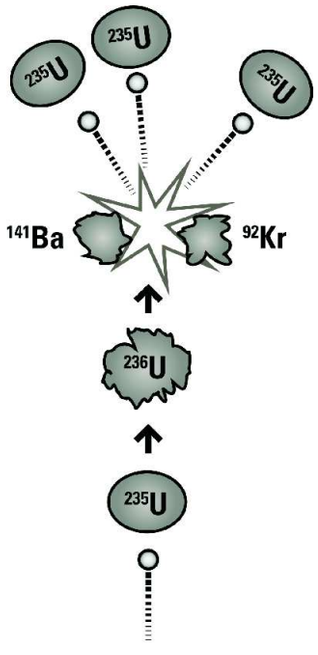
Vastaus:
a) Aktiivisuus on puoliintunut yhden puoliintumisajan eli 4 vuorokauden kuluttua
b) Aktiivisuus on kahdeksasosa kolmen puoliintumisajan eli 12 vuorokauden kuluttua.

Koska radon on syöpää aiheuttava aine, radonpitoisilla alueilla on porakaivovettä syytä seisottaa muutamia päiviä ennen käyttöä, jotta veteen mahdollisesti liuennut radon ehtii hajota.

Radonpitoisilla pientaloalueilla rakennusten perustuksissa tuuletus järjestetään siten, ettei radon pääse sisätiloihin vaan se tuuletetaan ulos.

Fissiossa ytimet halkeavat

Ydinvoimalaitoksessa käytetään ydinpolttoaineena uraanin isotooppia 235U. Kun uraani-isotoopin ytimeen 235U osuu neutroni, se muuttuu 236U:ksi ja halkeaa. Atomiytimen halkeamista kutsutaan fissioksi. Fissioreaktiossa syntyy kaksi muuta alkuainetta ja halkeavista ytimistä irtoaa kaksi tai kolme uutta neutronia, jotka voivat halkaista uusia ytimiä. Reaktiossa voi syntyä muitakin ytimiä ja siinä vapautuu runsaasti energiaa, kun osa ytimen massasta muuttuu energiaksi. Tapahtumasarjaa kutsutaan ketjureaktioksi.



Uraani U-235:n ydin halkeaa, kun siihen osuu neutroni. Siitä alkaa fuusioksi kutsuttu ketjureaktio, jossa syntyy krypton- ja barium-ytimet ja neutroneja.

Teollisuuden Voima Oyj tuottaa ydinvoimaa Olkiluodon ydinvoimalaitoksessa.

Energian ja massan yhteys

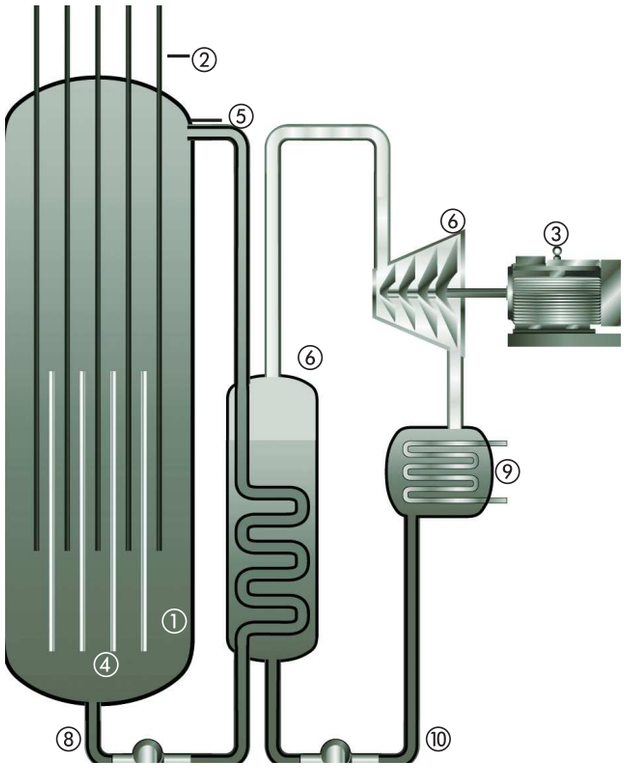
$E = mc^2$

jossa E = vapautunut energia
m = massakato
c = valon nopeus.

Ytimen hajotessa pieni osa massasta muuttuu energiaksi. Reaktiossa vapautuneen energian ja kadonneen massan välillä vallitsee yhtälö E = mc2. Vaikka massa pienenee hyvin vähän, ydinreaktiossa vapautuu valtava määrä energiaa.

Ydinvoimalaitoksessa tuotetaan sähköä ydinten halkeamisen avulla

Tavallisessa höyryvoimalaitoksessa vesi kuumennetaan laitoksen kattilassa. Ydinvoimalaitoksessa vesi sen sijaan kuumenee uraanipolttoainesauvojen lomassa reaktoripaineastiassa. Ketjureaktiota voidaan hallita ydinvoimalassa poistamalla sopiva määrä vapautuvia neutroneita reaktorissa olevilla säätösauvoilla. Fissioreaktiossa syntyy aina säteilyä, mutta huolellisella suunnittelulla ja työllä se voidaan eristää ympäristöstä.



① polttoaine
② säätösauvakoneisto
③ generaattori
④ reaktori
⑤ reaktoripaineastia
⑥ turbiini
⑦ höyrystin
⑧ pääkiertopumppu
⑨ lauhdutin
⑩ toisiopiirin pumppu

Painevesireaktori eli PWR. Ydinreaktioista vapautuva energia lämmittää vettä höyryksi, joka pyörittää turbiinin avulla generaattoria. Näin saadaan sähköä.

Tehtäviä

6.9 Mitä kuvaavat seuraavat suureet:

a) aktiivisuus

b) puoliintumisaika

c) säteilyannos?

6.10 Mikä on

a) fuusio _____

b) fissio? _____

6.11 Mikä on ketjureaktio?

_____

_____

6.12 Mikä ero on kivihiili- ja ydinvoimalaitoksella?

_____

_____

6.13 Mikä on ydinvoimalaitoksen polttoaine?

_____

6.14 Miten ketjureaktiota säädellään ydinvoimalassa?

_____

_____

6.15 Kirjoita lyhyt artikkeli aiheesta ”Radon ja minä”. Voit käyttää apuna internetiä tai muuta sopivaa lähdeaineistoa.

6.16 Radiumin puoliintumisaika on 1 600 vuotta. Radioaktiivisessa näytteessä on 4 g radiumia. Kuinka paljon radiumia siinä on jäljellä 3 200 vuoden kuluttua?

_____

6.17 Laske, kuinka paljon massaa muuttuu energiaksi yhden vuorokauden aikana ydinreaktorissa, jonka antama teho on 710 MW. Voimalan hyötysuhde on 30 %.

_____

TUTKIMUSTEHTÄVÄT

6.18 Selvitä internetistä ja muista tietolähteistä,

a) mikä oli ydinvoimalla tuotetun sähkön osuus Suomessa vuonna 2011

b) mitkä ovat maamme vaihtoehdot sähköntuotannossa, jos ydinvoimalaitoksista luovutaan.

Luku 8
Valinnainen osuus

Lisätietoa materiaaleista

Metallit ovat materiaaleja, joita käytetään sekä kotona että työpaikoilla. Metalleja tarvitaan liikenteessä, ja erilaisissa rakenteissa. Luonnosta löytyy puhtaina metalleina vain kuparia ja kultaa. Kaikki muut metalliset alkuaineet ovat sitoutuneet maankuoreen yhdisteiksi, joista ne on energian avulla pelkistettävä puhtaiksi metallimateriaaleiksi.

Metallien valmistaminen alkaa kaivoksista, joista louhitaan metallipitoiset malmit erilaisilla rikastusmenetelmillä (magneettinen rikastus, painovoimainen rikastus, vaahdotus, biokasaliuotus jne.) Valmistettu rikaste kuljetetaan metallisulatoille, joissa tavallisesti lämmön tai sähkön avulla voidaan rikasteista erottaa ja pelkistää metalli-ionit metallisiksi alkuaineiksi.

Kaivannaisteollisuus

Kaivannaisteollisuus tuottaa raaka-aineita noin kolmasosalle teollisuudesta ja koko rakennussektorille. Kaivannaisteollisuuteen katsotaan kuuluviksi metalliset malmit, teollisuusmineraalit ja -kivet, kiviainesala sekä luonnonkiviteollisuus.

Arvokkaat mineraalit jaetaan malmimineraaleihin ja epämetallisiin kaivannaisiin. Tärkeimpiä metalliteollisuuden tarvitsemia metalleja ovat muiden muassa rauta, alumiini ja kupari. Kiviainesala puolestaan tarvitsee raaka-aineenaan graniittia, kalkkikiveä, timantteja ja vuorisuolaa. Teollisuusmineraaleihin kuuluvat sellaiset kaivannaiset kuin talkki, karbonaattikivet ja kvartsi. Talkkia tarvitaan paperin valmistuksessa, karbonaattikiviä sementtiteollisuudessa ja kvartsia lasin valmistamisessa.

Terästeollisuus

Terästeollisuus on merkittävimpiä metallisia malmeja hyödyntävistä teollisuudenaloista. Teräksen valmistaminen tapahtuu sulattamalla rauta malmista masuunin avulla. Malmirikaste syötetään masuuniin sintterinä tai pellettinä. Sintteriin on sekoitettu kalkkikiveä tai kalkkia, joilla säädetään masuunikuonan koostumusta ja tehostetaan raudan valmistusprosessia. Lisäksi tarvitaan koksia. Masuuniin panostetut raaka-aineet sulavat raakaraudaksi ja kuonaksi. Erikoiskalkkituotteilla voidaan raakaraudasta poistaa epäpuhtauksia, kuten fosforia ja rikkiä.

Teräksen valmistusprosesseissa sulaan rautaan tai sulatettuun kierrätysteräkseen lisätään sammuttamatonta kalkkia tai dolomiittia ja poltettua palakalkkia. Teräksen valmistuksen mellotusvaiheessa masuunista tulevaa raakarautaa käsitellään

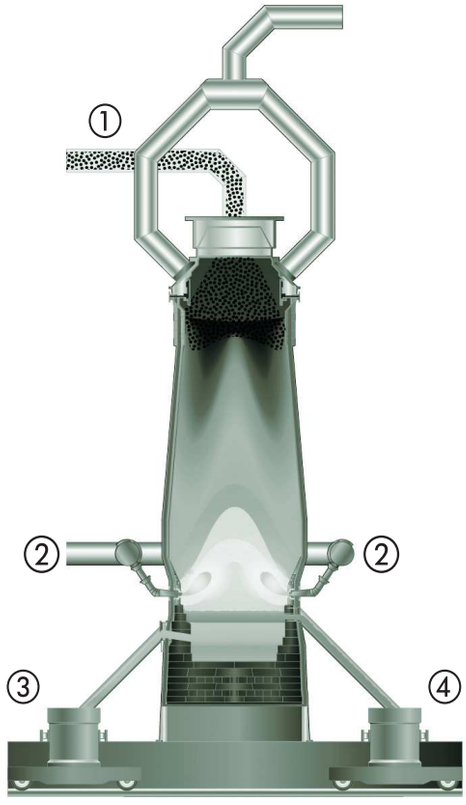
happipuhalluksella, jolloin raudan sisältämä ylimääräinen hiili palaa hiilidioksidiksi. Samanaikaisesti emäksellä (tyypillisesti kalkkikivi) neutraloidaan happamat epäpuhtaudet kuonaksi. Terästä voidaan tehdä myös sähköuunissa kierrätysteräksestä. Sulatuksen aikana kalkki muodostaa kuonan, joka vastaanottaa epäpuhtaudet teräksestä. Senkkauunissa seostetaan terässula ja säädetään lämpötila. Lopuksi puhdistettu teräs valetaan jatkuvavalukoneessa aihioiksi, jotka jalostetaan edelleen terästuotteiksi.

Suomessa terästä valmistetaan Ruukki Oy:n Raahen tehtailla, Outokumpu Oy:n Tornion tehtailla sekä Ovako Imatra Oy Ab:n Imatran tehtailla.

Rikkivety

Erilaisissa metallimalmeissa on runsaasti rikkiä. Malminjalostuksessa käytettäviin saostusaltaisiin muodostuu jalostuksen aikana rikkivetyä H_2S. Se on väritön, erittäin myrkyllinen ja mädäntyneen kananmunan hajuinen kaasu. Rikkivety liukenee veteen erittäin hyvin, mutta vesi pystyy sitomaan sitä vain tietyn määrän. Veteen liukenematon osa nousee vettä kevyempänä pinnalle ja haihtuu siitä nopeasti ilmaan.

Rikkivetyä syntyy kaivostoiminnan ohella myös jäteveden puhdistamoiden, kaatopaikkojen ja teollisuuden toiminnan tuloksena. Keuhkoihin hengitettynä H_2S voi aiheuttaa äkillisen myrkytystilan, joka on rikkivedyn suurin terveysriski. Rikkivety on ympäristölle vaarallinen kemikaali, ja se on erittäin myrkyllinen vesieliöille.



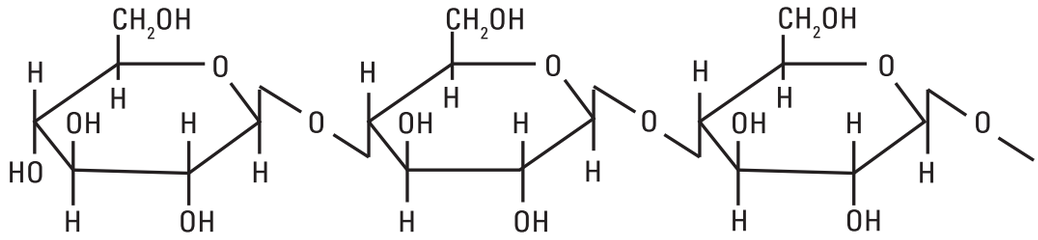
Raudan valmistaminen masuunissa. Malmista rikastettu rautaoksidi syötetään kalkkikiven ja koksin kanssa ① masuunin yläosasta. Kuuman ilman ② avulla lämpö kohotetaan raudan sulamispisteen yläpuolelle. Sula rauta ③ ja sula kuona ④ valuvat ulos omiin keräysastioihinsa masuunin alaosasta.

Orgaaniset materiaalit muodostuvat yhdisteistä

Koska orgaanisia yhdisteitä hiilen sitoutumisen ansiosta voidaan nimetä lukematon määrä, on myös erilaisten orgaanisten materiaalien määrä ja soveltaminen lisääntymässä. Eräs vanhimmista orgaanisista materiaaleista on paperi, jota muinaiset kiinalaiset osasivat valmistaa pienimuotoisilla prosesseilla.

Orgaanisia yhdisteitä saadaan sivutuotteina

Orgaanisia yhdisteitä saadaan eristetyksi ja valmistetuksi esimerkiksi selluloosateollisuuden sivutuotteista tai maaöljynjalostuksen tuotteina. Suomessa selluloosan eli sellun valmistaminen on tärkeä teollisuuden haara. Sokerimolekyylit ovat selluloosan rakenneosia.



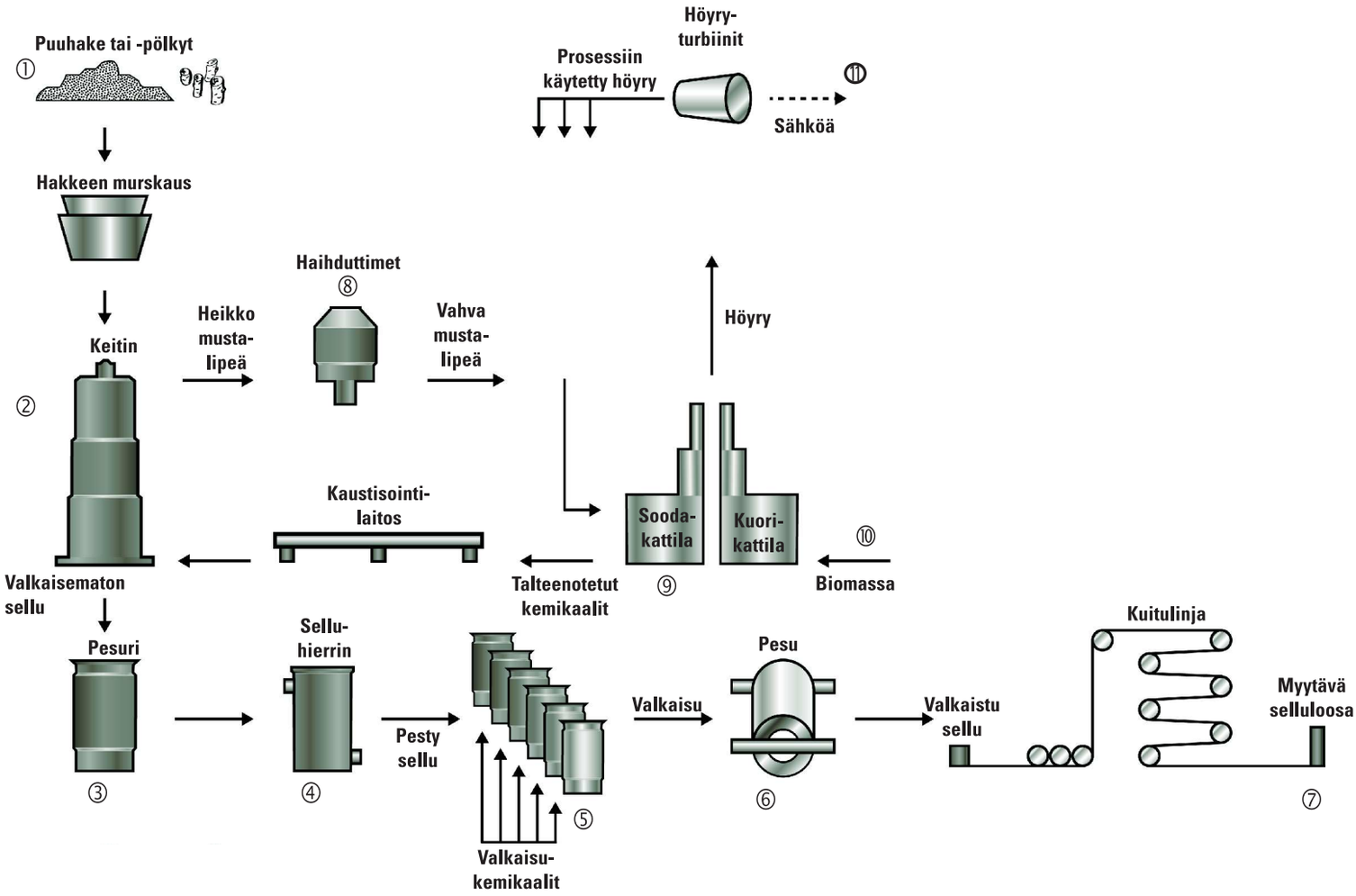
Selluloosakuitu on muodostunut pitkiksi ketjuiksi liittyneistä sokerimolekyyleistä.

Sellumassa valmistetaan erottamalla kemiallisesti puukuidut toisistaan keittämällä. Keittomenetelmänä käytetään sulfaattimenetelmää. Selluloosan valmistusprosessi havainnollistetaan seuraavalla sivulla olevassa kuvassa.

Terpeenien ja mäntyöljyjen jalostaminen

Selluloosankeiton yhteydessä erottuu prosessista terpeenejä ja mäntyöljyä. Raakamäntyöljy koostuu hartsihapoista (20–50 %), rasvahapoista (35–70 %) ja neutraaleista aineosista (5–30 %). Terpeeneistä ja hartsihapoista voidaan jalostaa tislaamalla maali- ja liimateollisuuden raaka-aineita, kuten tärpättiä ja erilaisia hartseja.

Paperinvalmistuksessa tarvittavan selluloosan valmistaminen aloitetaan puuhakkeesta ①. Hake syötetään keittimeen ②, jossa selluloosa erotetaan puun rakenteesta sulfaattikeittokemikaalien avulla. Erotettu selluloosa pestään ③ ja jauhetaan ④ sekä valkaistaan ⑤ valkaisukemikaaleilla (klooridioksidi (ClO_2) tai vetyperoksidi (H_2O_2)). Tämän jälkeen valkaistu selluloosa vielä pestään ⑥ ja leikataan myytäviksi selluloosa-arkeiksi ⑦. Kamyr-keittimestä toisena tuotteena saatava mustalipeä väkevöidään haihduttimessa ⑧. Mustalipeä sisältää käytetyt keittokemikaalit, jotka saadaan kierrätetyksi takaisin keittoprosessiin soodakattilan ⑨ kautta. Selluloosatehdas tuottaa voimakattilassa ⑩ ja soodakattilassa muodostuvan höyryn avulla runsaasti sähköä ⑪.

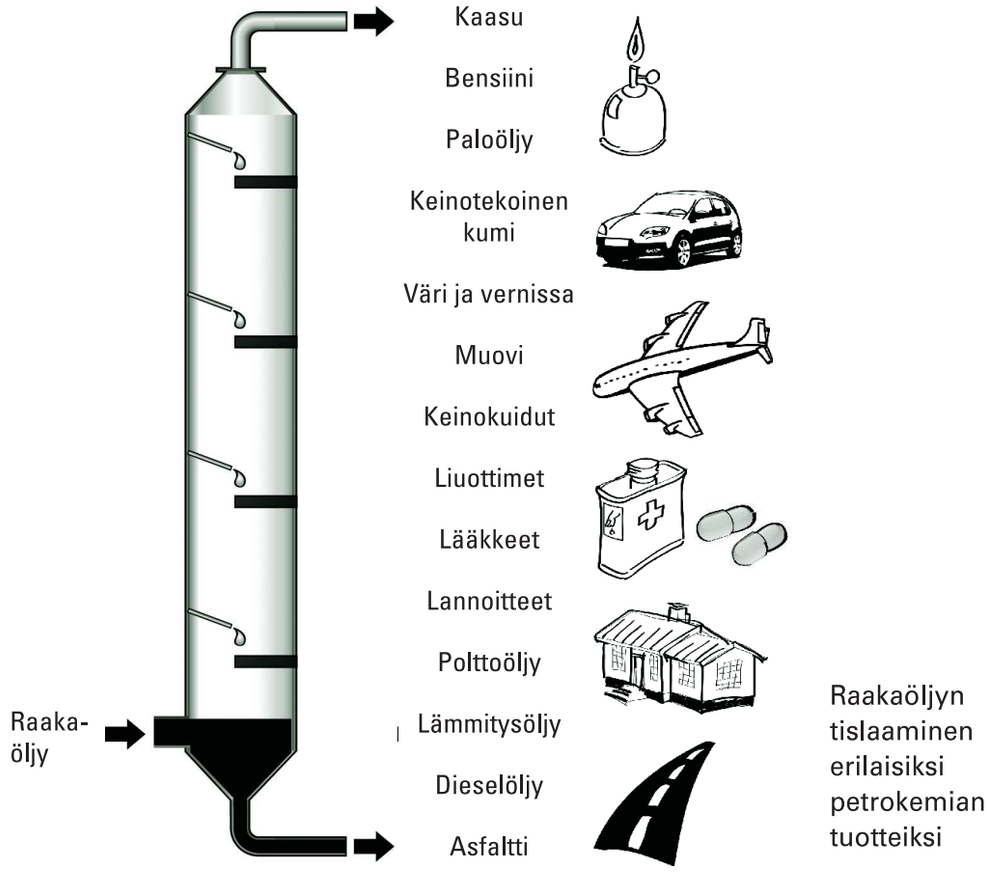


Selluloosan valmistusprosessi

Rasvahapoista puolestaan voidaan jalostaa saippuaa antamalla rasvahappomolekyylien reagoida emäksen kanssa. Tavallisesti emäksenä käytetään natriumhydroksidia (NaOH). Esimerkiksi triglyseridi-rasvamolekyyli reagoi natriumhydroksidin (NaOH) kanssa, jolloin saadaan muodostumaan rasvahappojen natriumsuolaa eli saippuamolekyylejä.

Maaöljyn jalostaminen tislaamalla

Maaöljyn jalostuksessa valmistetaan tislaamalla uusia tuotteita raakaöljystä. Raakaöljy koostuu useista erilaisista hiilen ja vedyn yhdisteistä sekä epäpuhtautena olevista rikistä, typestä, hapesta, vedestä, suoloista ja pienistä määristä metalleja. Jalostuksessa poistetaan ensin suolat ja kiinteät epäpuhtaudet, minkä jälkeen erotetaan erilaiset jakeet tislaamalla raakaöljyä. Kaikkein keveimmät eli alhaisimman kiehumispisteen jakeet nousevat tislauskolonnin huipulle saakka. Raskain osa eli pohjaöljy tislataan vielä tyhjiötislauskolonneilla. Eri jakeita voidaan käyttää useiden jokapäiväisessä käytössämme olevien hyödykkeiden valmistukseen.



Tekniikassa käytetään useita erilaisia voiteluaineita ja voitelurasvoja, jotka on valmistettu joko raakaöljyn jalostustuotteina tai synteettisesti. Perusöljytyyppejä ovat mineraaliöljyt, osasynteettiset öljyt ja synteettiset öljyt.

Auton moottoriöljyt luokitellaan niiden viskositeettiominaisuutta eli juoksevuutta kuvaavan SAE (Society of Auto-motive Engineers) -luokituksen avulla. Moottoriöljyjen luokitteluun käytetään myös API-luokitusta, joka on kehitetty ja jota edelleen kehitetään API:n (American Petroleum Institute), ASTM:n (American Society for Testing and Materials) ja SAE:n yhteistyönä.

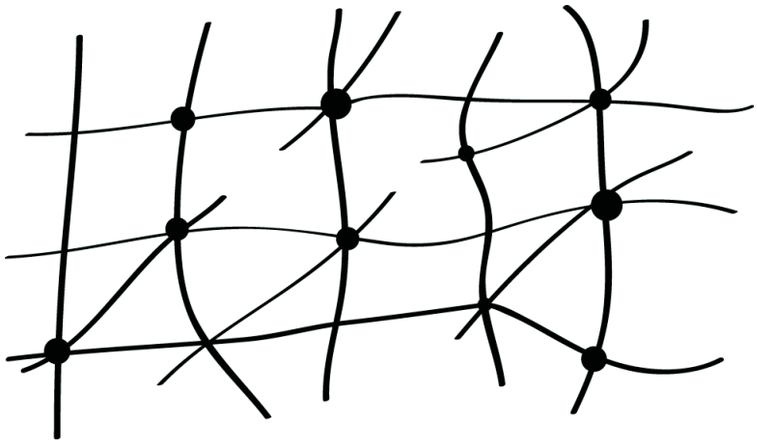
Voiteluaineisiin kuuluvat myös voitelurasvat ja hydrauliikkaöljyt. Voitelurasva on voiteluaine, joka muodostuu, kun nestemäinen voiteluöljy erityisen sakeutusaineen avulla saatetaan kiinteään tai puolijuoksevaan muotoon. Ominaisuuksia parantamaan käytetään liukoisia tai kiinteitä lisäaineita.

Voitelurasva = öljy (80–90 %) + sakeutusaine + lisäaineet.

Hydrauliikkaöljyiltä vaaditaan riittävän pientä viskositeettia käynnistyslämpötilassa. Toisaalta öljyn täytyy varmasti voidella moottoria käyttölämpötilassa. Myös öljyn viskositeetin pitää pysyä samana. Öljyllä pitää olla hyvät kulumisenesto- ja korroosionesto-ominaisuudet. Lisäksi sen pitää olla vaahtoamatonta ja hapettumisenkestävää.

Öljytuotteet ovat hyödyllisiä polttoaineina ja muovituotteina. Toisaalta ne ovat haitallisia elolliselle luonnolle. Tästä esimerkkeinä ovat öljytankkereille tapahtuneet onnettomuudet ja öljylähdevuodot. Käytetyt ja vanhentuneet öljytuotteet ovat ongelmajätteitä, ja ne on hävitettävä ongelmajätelaitoksissa.

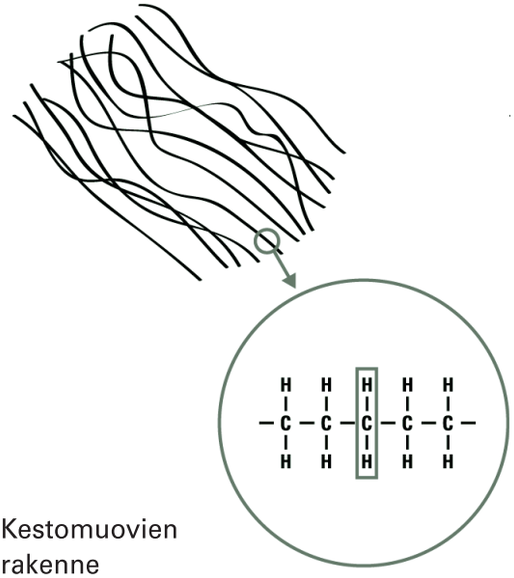
Muovien valmistus tapahtuu nykyisin pääasiassa maaöljyn jalostuslaitoksista saatavista tuoteosioista, mutta tämän lisäksi tutkitaan ja kehitetään mahdollisuuksia valmistaa muun muassa perusmuoveja kuten polyeteeniä, puunjalostusteollisuuden sivutuotteena.



Kertamuovien rakenne

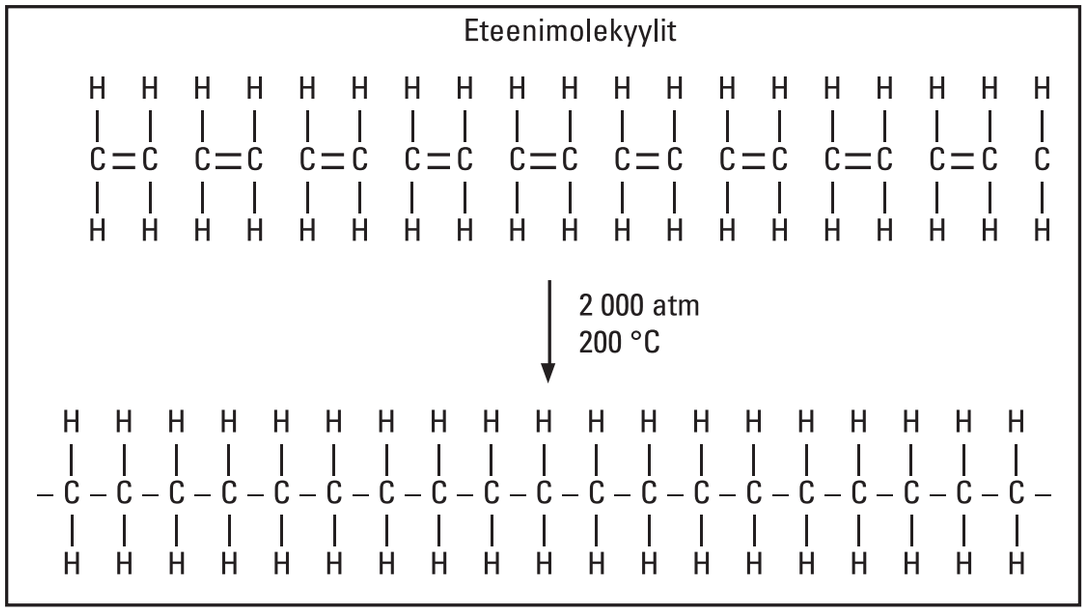
Kertamuovit muodostuvat polymeeriverkoista, joita ei voi muovailla jälkikäteen. Kun kertamuoveja lämmitetään riittävästi, niiden polymeeriverkot hajoavat. Kertamuovit valmistetaan nestemäisestä perushartsista, joka kovetetaan kehittämällä polymeerien välille siltoja kuumentamalla tai toisella kemikaalilla. Tätä kemikaalia nimitetään kovettimeksi. Yksi esimerkki kertamuoveista on polyesteri (UPE), jota käytetään nestekidenäytöissä, kalvoissa ja pulloissa.

Kestomuovit muodostuvat pitkistä polymeeriketjuista, jotka sitoutuvat toisiinsa heikoilla sidoksilla. Kun kestomuovia lämmitetään, polymeeriketjut pääsevät liikkumaan toistensa lomitse. Kestomuoveja voidaan muotoilla uudelleen lämmittämällä. Kestomuovilla ei ole tarkkaa sulamispistettä.

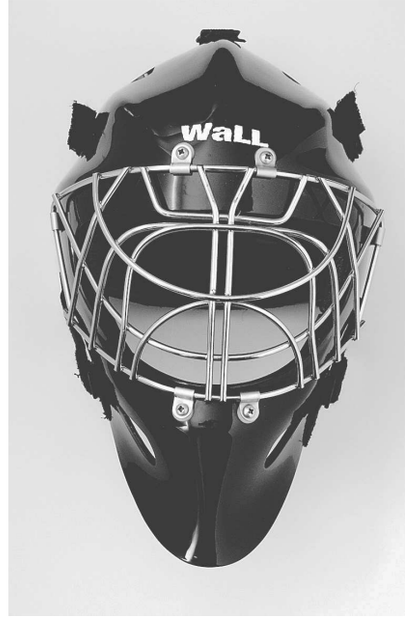


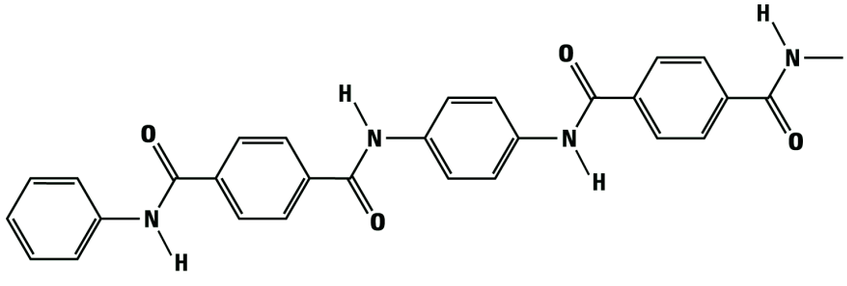
Kestomuovien rakenne

Esimerkiksi pienimolekyylisestä eteenistä voidaan molekyylejä sopivasti toisiinsa liittämällä valmistaa polyeteeniä, joka on tuttua, läpinäkyvää ruokakelmua.



Elastomeerit eli kumimaiset materiaalit ovat venyviä, ja ne palautuvat nopeasti alkuperäiseen muotoonsa. On mahdollista valmistaa myös erittäin lujia muoveja. Kevlar on aramidikuituihin lukeutuvaa synteettistä kuitua, polyparafenyleenitereftaaliamidia, joka on painoonsa nähden viisi kertaa vahvempaa kuin lujimmat teräkset. Kevlar-kuidut ovat lujia, koska kuidut kiinnittyvät toisiinsa vetysidoksin, jolloin muodostuu verkkomainen rakenne. Toisaalta aromaattisten renkaiden järjestäytyminen symmetriseen asentoon verkossa muodostaa kuiduille hyvin järjestäytyneen rakenteen, joka vastaa kidemäistä rakennetta. Tämä osaltaan lujittaa Kevlar-muovia. Kevlaria käytetään yleensä luodinkestävissä liiveissä, extreme-urheiluvälineissä ja lentokoneiden osissa.





Kevlar-kuitujen molekyylirakenne

Uudet muovimateriaalit erityiskohteisiin

Tutkimuslaitoksissa ja yrityksissä tutkitaan ja kehitetään jatkuvasti uusia monikäyttöisiä materiaaleja. Tavoitteena on saada aikaan yhä kestävämpiä ja käyttökohteisiin paremmin sopivia materiaaleja. Uusinta kehitystä edustavat nanomateriaalit, joita sovelletaan jo esimerkiksi urheiluvaatetuksessa ja -välineissä.

Myös erilaisten orgaanisten sekä orgaanisten ja epäorgaanisten aineiden seoksilla on havaittu olevan käytännön kannalta hyviä ominaisuuksia. Tällaisia uusia materiaaleja ovat esimerkiksi puun ja muovimateriaalien seokset eli komposiitit. Toisaalta sähköäjohtavia muoveja on mahdollista saada aikaan seostamalla muovien sekaan metallisia aineita.

Tutkimusten avulla selvitetään, millaisilla reaktioilla saataisiin aikaan lähtöaineista mahdollisimman paljon haluttua reaktiotuotetta. Tuotantoon käytettävän kemiallisen reaktion tapahtumisen nopeuteen vaikuttavia toimenpiteitä esitetään seuraavassa taulukossa.

Reaktionopeutta lisääviä toimenpiteitä

Toimenpide	Reaktionopeuden kasvun aiheuttaja	Esimerkki
Hiukkaskoon pienentäminen	lisää reagoivien aineiden keskinäistä kontaktia.	Tomuksi jauhetusta malmikivestä voidaan nopeammin liuottaa metallit happoseoksiin.
Väkevyyden lisääminen	lisää hiukkasten, atomien ja molekyylien välisiä törmäyksiä, jotka johtavat aineiden reagointiin.	Laimea happo ei liuota metallia malmista, kun taas väkevä happo pystyy nopeasti liuottamaan metallin.
Lämpötilan kohottaminen	lisää reaktioon johtavia törmäyksiä ja tekee niistä voimakkaampia.	Kuuma happoseos liuottaa malmijauheesta metallit nopeammin kuin kylmä happoseos.
Katalyytin käyttäminen	pienentää reaktion alkamiseen tarvittavan energian määrää.	Auton pakokaasukatalysaattorissa jalometallit nopeuttavat pakokaasujen typenoksidien ja hiilimonoksidin muuttumista vaarattomammiksi yhdisteiksi.
Paineen kohottaminen	nopeuttaa reaktiota.	Kohotettu paine tuo reagoivien aineiden rakenneyksiköt lähemmäksi toisiaan.
Inhibiittori	hidastaa tai estää reaktion tapahtumisen.	Reaktiota voidaan tarkoituksenmukaisesti hidastaa.

Jos halutaan valmistaa kemiallisella reaktiolla tuotetta, kannattaa pienentää reagoivien aineiden hiukkaskokoa, käyttää sopivan suurta reagoivien aineiden väkevyyttä, kohottaa reaktio-olojen lämpötilaa ja käyttää mahdollisesti katalyyttiä reaktion apuna.

Tehtäviä

8.20 Raakaöljy sisältää hiilivetyjä.

a) Mistä alkuaineista hiilivedyt koostuvat?

b) Miksi hiilivetyjä käytetään polttoaineina?

c) Mitä yhdisteitä syntyy hiilivedyn palamisessa?

8.21 Miksi masuuniin laitetaan hiiltä sisältävää koksia?

8.22 Muoviastian pohjassa on kuvan mukainen merkintä. Mikä muovi on kyseessä? Onko se kerta- vai kestomuovia? Voidaanko se hävittää polttamalla?

8.23 Petrokemian tuotteita saadaan raakaöljyä tislaamalla. Tislauskolonnin yläosasta saadaan kaasumaisia orgaanisia yhdisteitä ja kolonnin alaosasta pikeä asfaltin valmistukseen. Kumman tuotteen molekyylirakenne on suurempi?

8.24 Selluloosa on luonnonkuitu, jota erotetaan puumassasta. Miksi sitä ei valmisteta synteettisesti kuten tekokuituja (esim. polyesteriä)?

8.25 Mitkä seuraavista väittämistä ovat tosia? Jos kemiallinen reaktio on hidas, sitä voidaan nopeuttaa

a) laskemalla reagoivien aineiden lämpötilaa

b) jauhamalla kiinteä, reagoiva aine hienojakoiseksi pölyksi

c) käyttämällä reaktiossa katalysoivaa ainetta, joka hajoaa reaktion kuluessa ja muuttuu reaktiotuotteiksi

d) lisäämällä liuosten väkevyyttä reaktioseoksessa.

POHDINTATEHTÄVÄT

8.26 Astiassa on orgaanisista yhdisteistä muodostettu seos. Etiketissä lukee ”Sisältää asetonia, etikkahappoa ja etanolia”. Etsi kyseisten yhdisteiden käyttöturvallisuustiedotteista niiden fysikaaliset ominaisuudet ja pohdi, olisiko ominaisuuksia hyödyntämällä jokin keino, jolla yhdisteet saataisiin erotettua toisistaan.

TIEDONHAKUTEHTÄVÄT

8.27 Selvitä eri tietolähteistä (kirjat, internet jne.) kuparinvalmistuksen eri vaiheet kuparimalmista aina valmiiksi kuparisähköjohdoksi asti.

8.28 Selvitä, millä perusteella ja millaisiin luokkiin auton moottoriöljyt on jaoteltu SAE- ja API-luokituksissa.

8.29 Tässä luvussa esiteltiin funktionaalisista ryhmistä alkoholit, esterit, ketonit ja karboksyylihapot. Onko olemassa vielä lisää erilaisia funktionaalisia ryhmiä? Etsi tietoa kirjallisuudesta tai internetistä.

Luku 9
Valinnainen osuus

Moolimäärä kertoo aineen rakenneosasten lukumäärän

Kemiallinen reaktioyhtälö kertoo, kuinka kaksi ainetta reagoi keskenään ja millaisia lopputuotteita syntyy. Reaktioyhtälön kertoimet ilmoittavat reaktion tapahtumiseen tarvittavien aineiden määrien suhteet. Ainemäärä ilmoitetaan kemiassa yleensä mooleina.

Raudanvalmistuksen reaktiossa tarvitaan kahta rautaoksidimolekyyliä kohden kolme atomia hiiltä, jotta saataisiin tuotetuksi neljä atomia rautaa. Rautaa ei kuitenkaan valmisteta vain muutamia atomeja vaan tuhansia kilogrammoja. Yhdessä grammassakin rautaa on valtava määrä atomeja. Näin suuria atomimääriä on hankala esittää lukuina, joten on otettu käyttöön lukumäärää kuvaava yksikkö, mooli. Kun pyritään ratkaisemaan, kuinka paljon reaktiossa tarvitaan raaka-aineita ja kuinka paljon kilogrammoina syntyy reaktiotuotteita, ratkaisemiseen tarvitaan kaksi kemiassa merkittävää suuretta: ainemäärä (n) ja moolimassa (M).

Maailmassa käytetään runsaasti erilaisia materiaaleja, kuten paperia, metalliseoksia ja muoveja. Materiaalin eräs perusominaisuus on sen massa. Toisaalta usein ilmoitetaan, kuinka paljon kyseistä materiaalia on käytössä. Yksi tapa ilmoittaa käytettävissä olevan aineen määrä on kertoa sen osasten lukumäärä. Esimerkiksi tulostinpaperia myydään paketeissa, joissa kussakin on 500 arkkia.

Kemiassa tällaista tulostinpaperipakettia vastaa mooli ja yhtä tulostinpaperia puolestaan vastaa atomi, molekyyli, elektroni tai muut hiukkaset ja niiden määritellyt ryhmät. Rakenneosasten määrä moolissa on hyvin suuri, 6,022 · 1023 kappaletta. Tämä on kokonaislukuna esitettynä

602 200 000 000 000 000 000 000 kpl.

Esimerkki 4 Mikä on yhden paperimoolin massa?

Ratkaisu: Jos yhden paperiarkin massa on noin 0,003 g ja niitä on yhden moolin verran ($6{,}022 \cdot 10^{23}$ kappaletta), kyseisen paperimäärän kokonaismassa on

$$6{,}022 \cdot 10^{23}\,\text{kpl} \cdot 0{,}003\,\frac{\text{g}}{\text{kpl}} = 1\,806\,600\,000\,000\,000\,000\,000\,\text{g} = 1{,}8066 \cdot 10^{21}\,\text{g}.$$

Vastaus: Yhden paperimoolin massa on
$1\,806\,600\,000\,000\,000\,000\,000\,\text{g} = 1{,}8066 \cdot 10^{21}\,\text{g}$.

Ainemäärän tunnus on *n* ja yksikkö mooli (mol).

Esimerkiksi yhdessä moolissa rauta-atomeja on 6,022 · 1023 kappaletta Fe-atomia. Yksi mooli vettä sisältää 6,022 · 1023 H2O-molekyyliä. Yksi mooli kloridi-ioneja sisältää 6,022 · 1023 Cl– -ionia.

Moolimassan tunnus on *M* ja yksikkö $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$. Moolimassa ilmoittaa, kuinka suuri on yhden moolin ainemäärän massa.

Jos otetaan 6,022 · 1023 kappaletta eli 1 mooli heliumatomeja, niiden yhteismassa, atomimassa, on 4,003 grammaa. Lyijy on kaasumaista heliumia huomattavasti raskaampaa ainetta. Yhden lyijymoolin massa on peräti 207,21 grammaa.

Jaksollisesta järjestelmästä (ks. kirjan etusisäkansi) saadaan alkuaineiden moolimassat eli kuinka suuri on yhden moolin massa kutakin alkuainetta.

Esimerkki 5 Kuinka suuri on veden moolimassa?

Ratkaisu: Etsitään jaksollisesta järjestelmästä molekyylissä esiintyvien alkuaineiden atomimassat. Vedyn (H) atomimassa on 1,0078 g mol ja hapen (O) atomimassa on 16 g/mol. Vesimolekyylien moolimassa saadaan laskemalla molekyylin kaavan (H_2O) mukaisesti yhteen kaksi vetyatomin atomimassaa ja hapen atomimassa eli

$$M = 2 \cdot 1{,}008\,\frac{\text{g}}{\text{mol}} + 16\,\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 18{,}016\,\frac{\text{g}}{\text{mol}}.$$

Ainemäärä voidaan laskea jakamalla aineen massa (m) sen moolimassalla (M).

Aineen määrä massayksikköinä voidaan muuttaa ainemäärän yksiköiksi eli mooleiksi, kun tiedetään kyseessä olevan aineen atomimassa tai moolimassa.

Ainemäärä

$$n = \frac{m}{M}$$

jossa n = aineen ainemäärä
m = aineen massa
M = moolimassa.

Esimerkki 6 Näytteessä on 6,75 moolia vettä. Kuinka monta grammaa siinä on vettä?

Ratkaisu: Määritetään aluksi veden moolimassa:

$$M_{H_2O} = 2 \cdot 1{,}008\,\frac{g}{mol} + 16{,}00\,\frac{g}{mol} = 18{,}016\,\frac{g}{mol}.$$

Lasketaan seuraavaksi veden massa:

$$m = nM = 6{,}75\ \text{mol} \cdot 18{,}016\,\frac{g}{mol} = 121{,}608\ \text{g} \approx 121{,}6\ \text{g}.$$

Vastaus: 6,75:n vesimoolin massa on **121,6 g.**

Esimerkki 7 Paljonko on mooleina tasan 1 000 kg rautaa?

Ratkaisu: Tehtävässä on annettu raudan massa:

m_{Fe} = 1 000 kg = 1 000 000 g.

Jaksollisesta järjestelmästä saadaan selville raudan atomimassa:

$M_{Fe} = 55{,}85\,\frac{g}{mol}$.

Näiden kahden arvon avulla saadaan lasketuksi raudan ainemäärä mooleina:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1\,000\,000\ \text{g}}{55{,}85\,\frac{g}{mol}} = 17\,905\ \text{mol}.$$

Vastaus: Tuhat kilogrammaa rautaa on mooleina **17 905 mol.**

Esimerkki 8 Kuinka paljon rautaoksidia tarvitaan tuhannen rautakilon valmistamiseen?

Ratkaisu: Reaktioyhtälön

$$3C + 2Fe_2O_3 \rightarrow 4Fe + 3CO_2$$

kertoimien avulla saadaan moolimäärien suhde reagoivien aineiden tai reaktiotuotteiden suhteen. Kun halutaan valmistaa rautaa 1 000 kg, tämä määrä ainemääränä on edellisen esimerkin mukaan n_{Fe} = 17 905 mol.

Tällöin saadaan verranto raudan ainemäärän ja tarvittavan rautaoksidin ainemäärän välille

$$\frac{n_{Fe_2O_3}}{2} = \frac{n_{Fe}}{4}$$

Tästä verrannosta ratkaistuna Fe_2O_3:n ainemäärä on

$$n_{Fe_2O_3} = \frac{2 \cdot n_{Fe}}{4}$$

$$= \frac{2 \cdot 17\ 905\ \text{mol}}{4}$$

$$= 8\ 952{,}5\ \text{mol}.$$

Tämä rautaoksidin moolimäärä saadaan muutetuksi massaksi kertomalla rautaoksidin moolimassalla:

$$M(Fe_2O_3) = (2 \cdot 55{,}85 + 3 \cdot 16)\ \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 159{,}7\ \frac{\text{g}}{\text{mol}}.$$

Rautaoksidin massaksi saadaan näin

$$m_{Fe} = n_{Fe_2O_3} \cdot M_{Fe_2O_3} = 8\ 952{,}5\ \text{mol} \cdot 159{,}7\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1\ 429\ 714{,}25\ \text{g}.$$
$$\approx 1{,}43\ \text{t}.$$

Vastaus: Tuhannen rautakilon valmistamiseen tarvitaan **1,43 tonnia** rautaoksidia.

Kemiallinen reaktioyhtälö kertoo reagoivien aineiden lisäksi niiden moolisuhteen. Tämä suhde ilmenee reagoivien aineiden edessä olevista reaktioyhtälön kertoimista. Esimerkiksi vedyn palamiseen tarvitaan kahta vetymoolia (H2) kohden yksi mooli happea (O2):

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$
vety + happi → vesi

Kemiallisen reaktion tapahtumiseksi tarvitaan sopivat moolisuhteet reagoivia aineita ja sellaiset vallitsevat olot, joissa reaktio pystyy käynnistymään ja etenemään loppuun.

Väkevyys ilmoittaa liuoksessa olevan aineen määrän

Liuos on tasakoosteinen seos, jossa eniten liuoksessa olevaa ainesosaa kutsutaan liuottimeksi ja muita ainesosia liuenneiksi aineiksi.

Konsentraatio c tarkoittaa liuoksessa olevan liuenneen aineen määrää.

Konsentraation yksikkö on $\frac{\text{mol}}{1}$.

Konsentraatio lasketaan jakamalla ainemäärä (hiukkasten lukumäärä) liuoksen kokonaistilavuudella. Konsentraatio kuvaa liuoksen kemiallista ”väkevyyttä”. Konsentraatio on siis ainemäärä (hiukkasten lukumäärä) tilavuusyksikössä, ja se kuvaa liuoksen kemiallista ”väkevyyttä”.

Liuoksen väkevyys eli **konsentraatio**

$$c = \frac{n}{V}$$

jossa c = konsentraatio
n = aineen ainemäärä ja
V = liuoksen tilavuus.

Siten konsentraation yksikkönä voidaan käyttää myös moolia kuutiodesimetriä kohti ($\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$). Tämän yksikön lyhenteenä käytetään usein symbolia *M*. Kaavoissa konsentraatiota voidaan merkitä myös hakasulkumerkinnällä.

Esimerkki 9 Jos litraan liuosta on liuennut 1,5 mol kaliumkloridia, voidaan liuoksen konsentraatio ilmoittaa [KCl] = 1,5 mol/l.

Konsentraatio riippuu lämpötilasta, koska lämpötilan muuttuessa muuttuu myös liuoksen tilavuus.

Esimerkki 10 Mikä on liuoksen konsentraatio, jos liuotetaan 5,00 grammaa natriumkloridia eli ruokasuolaa (NaCl) 500 ml:aan vettä?

Ratkaisu: Konsentraatio saadaan lasketuksi kaavalla c = n / V. Ainemäärä n voidaan laskea, kun tiedetään liuotettavan aineen massa m ja moolimassa *M*.

Lasketaan ensin NaCl:n moolimassa $M_{NaCl} = (22{,}99 + 35{,}45)\,\frac{g}{mol}$

$= 58{,}44\,\frac{g}{mol}$.

Lasketaan sitten natriumkloridin ainemäärä:

$$n_{NaCl} = \frac{m}{M} = \frac{5{,}00\ g}{58{,}44\,\frac{g}{mol}} = 0{,}0855578\ mol.$$

Lopuksi lasketaan liuoksen konsentraatio:

$$c = \frac{n}{V}\,\frac{0{,}0855578}{0{,}5}\,\frac{mol}{l} = 0{,}17\ \frac{mol}{l}.$$

Vastaus: Natriumkloridiliuoksen konsentraatio on $\boldsymbol{c_{NaCl} = 0{,}17\,\frac{mol}{l}}$.

Voidaan ilmoittaa myös [NaCl] = $0{,}17\,\frac{mol}{l}$

Laimennuskaava

liuenneen aineen ainemäärä väkevässä liuoksessa = liuenneen aineen ainemäärä laimennoksessa

$n_1 = n_2$

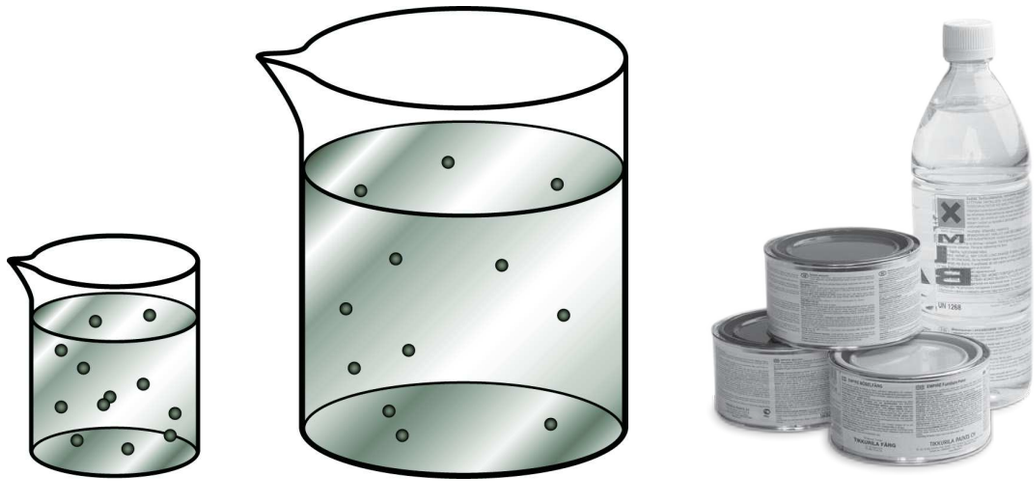
eli $c_1V_1 = c_2V_2$

Kaavan vasemmalla puolella esitetään väkevän liuoksen konsentraatio c_1 ja sen tilavuus V_1.

Kaavan oikealla puolella on puolestaan valmistettavan laimean liuoksen konsentraatio c_2 ja valmistettavan laimean liuoksen haluttu tilavuus V_2.

Liuoksia voidaan laimentaa lisäämällä väkevään liuokseen liuotinta, joka on vettä tai jotain orgaanista liuotinta. Laimennukseen tarvittava väkevän liuoksen määrä saadaan laimennuskaavan avulla.

Liuenneen aineen ainemäärä ei siten muutu, vaikka liuosta laimennetaan.



Laimennettavan aineen määrä mooleina pysyy laimennettaessa samana, kun taas liuottimen määrä kasvaa ja samalla kokonaistilavuus kasvaa.

Esimerkki 11 a) Kuinka paljon on otettava väkevää 18,3 $\frac{\text{mol}}{\text{l}}$ ruokasuolan vesiliuosta (NaCl) ja

b) kuinka paljon on lisättävä vettä, kun valmistetaan 500 ml 0,5 mol/l:n suolaliuoksen laimennosta?

Ratkaisu: a) Väkevän ruokasuolaliuoksen konsentraatio tunnetaan eli c_1 = 18,3 mol/l, mutta sitä tarvittava määrä V_1 on tuntematon. Halutun laimennoksen osalta tiedetään konsentraatio c_2 = 0,5 mol/l ja haluttu tilavuus V_2 = 500 ml = 0,5 l.

Laimennoskaavasta saadaan ratkaistuksi tuntematon tilavuus V_1:

$$c_1V_1 = c_2V_2 \qquad | : c_1$$

$$\frac{\cancel{c_1}V_1}{\cancel{c_1}} = \frac{c_2V_2}{c_1}$$

$$V_1 = \frac{c_2V_2}{c_1} = \frac{0{,}5\frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 0{,}5\ \text{l}}{18{,}3\frac{\text{mol}}{\text{l}}} = 0{,}01366\ \text{l} = 13{,}7\ \text{ml}.$$

b) Väkevää suolaliuosta otetaan tarkasti 13,7 ml ja siihen lisätään vettä niin, että kokonaistilavuudeksi tulee tarkasti 500 ml eli 500 ml – 13,7 ml = 486,3 ml.

Vastaus: Kun valmistetaan 500 ml 0,5 mol/l:n suolaliuoksen laimennosta, tarvitaan **13,7 ml väkevää suolaliuosta** ja **486,3 ml vettä**.

Tehtäviä

9.15 Kalsiumkarbonaattia punnitaan 200 grammaa. Laske $CaCO_3$:n ainemäärä.

9.16 Mikä on seuraavien yhdisteiden moolimassa:

a) typpihappo (HNO_3)

b) ferrisulfaatti ($Fe_2(SO_4)_3$)

c) natriumkarbonaatti dekahydraatti ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$)?

Ohje: Tässä yhdisteessä on mukana niin sanottua kidevettä eli 10 vesimolekyyliä kiinnittyneenä natriumkarbonaattikiteeseen. Laske ensin natriumkarbonaatin moolimassa ja lisää siihen 10 kertaa veden moolimassa.

9.17 Jos jokaiselle maapallon 7 miljardille ihmisille jaettaisiin yhdestä moolista yhtä monta 1 sentin kolikkoa, kuinka monta kukin saisi?

9.18 Laske, mikä seuraavista kultakimpaleista on arvokkain, a), b) vai c):

a) Kimpale 1 sisältää $9{,}4 \cdot 10^{23}$ kulta-atomia.

b) Kimpale 2:n massa on 290 grammaa.

c) Kimpale 3:n ainemäärä on 1,50 moolia.

d) Selvitä jokaisen kimpaleen ainemäärä käyttämällä yksikkönä moolia sekä massa grammoina.

9.19 Laske, kuinka paljon on mooleina

a) 10 kg rikkiä (S)

b) 6 grammaa natriumkarbonaattia (Na_2CO_3).

9.20 Kuinka paljon on punnittava magnesiumkarbonaattia ($MgCO_3$) kun sitä tarvitaan 0,0240 moolia?

9.21 Laske liuoksen konsentraatio, kun 3 mol kuparisulfaattia liuotetaan 1,5 litraan vettä.

9.22 Laske liuoksen konsentraatio, kun 0,5 g kalsiumkloridia ($CaCl_2$) on liuotettu 100 millilitraksi.

9.23 Lehmän maidossa on noin 4,5 grammaa maitosokeria eli laktoosia ($C_{12}H_{22}O_{11}$) yhdessä desilitrassa. Mikä on laktoosin konsentraatio maidossa? Ilmoita tulos yksikössä mol/l.

9.24 Kuinka paljon on punnittava hopeanitraattia ($AgNO_3$), kun valmistetaan 50 millilitraa hopeanitraattiliuosta, jonka konsentraatio on 0,010 mol/l?

9.25 Laske liuoksen konsentraatio, kun

a) 2,0 mol NaCl:a liuotetaan veteen 5,0 litraksi

b) 20 g NaCl:a liuotetaan veteen 5,0 litraksi.

9.26 Kuinka paljon NaCl:a tarvitaan, kun halutaan valmistaa 2,0 litraa liuosta, jonka konsentraatio on 0,25 mol/l?

9.27 Kun vetykaasua poltetaan ylimäärässä happea, muodostuu vettä. Laske, kuinka monta grammaa happea tarvitaan, kun valmistetaan 1 litra vettä. Tapahtuva reaktio voidaan kirjoittaa seuraavasti: $2H_2\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2\,H_2O\,(l)$.

Huom.! 1 litra vettä painaa 1 000 grammaa.

9.28 Valmistetaan väkevästä typpihaposta (konsentraatio 12,5 mol/l) yksi litra laimennosta, jonka konsentraatio on 0,25 mol/l. Kuinka paljon väkevää typpihappoa joudutaan ottamaan?

TUTKIMUSTEHTÄVÄT

9.29 Määritä ruokaetikan etikkahappopitoisuus titraamalla sitä tunnetun väkevyisellä NaOH-liuoksella.

9.30 Mikä on kivennäisveden kalsiumpitoisuus? Selvitä se titraamalla EDTA-liuoksella.

Luku 11
Valinnainen osuus

pH vaikuttaa reaktio-olosuhteisiin

Liuosten pH-olosuhteet vaikuttavat olennaisesti tapahtuviin reaktioihin ja yhdisteiden esiintymismuotoon liuoksessa. Useissa erilaisissa kemian teollisuuden valmistusprosesseissa on tärkeää säätää prosessiliuosten pH-arvo sopivalle tasolle, jotta haluttu reaktio saadaan tapahtumaan. Tällaisesta esimerkkinä voidaan mainita metallien saostaminen kaivosten rikastamoilla tai jäteveden puhdistamisessa epäpuhtauksien kokoaminen ja erottaminen flokkeina sopivissa pH-olosuhteissa.

Liuoksen pH:n säätäminen

Kun happoa ja emästä sekoitetaan keskenään, tapahtuu reaktio, jossa hapon luovuttamat vetyionit eli protonit yhdistyvät emästen luovuttamiin hydroksidi-ioneihin (OH^-). Oikeissa suhteissa sekoittaminen johtaa neutraaliin liuokseen, jossa on suolaa ja vettä. Tällaista reaktiota kutsutaan neutraloitumisreaktioksi.

happo + emäs → suola + vesi

Esimerkiksi suolahapon ja natriumhydroksidin neutraloidessa toisensa saadaan ruokasuolaa ja vettä.

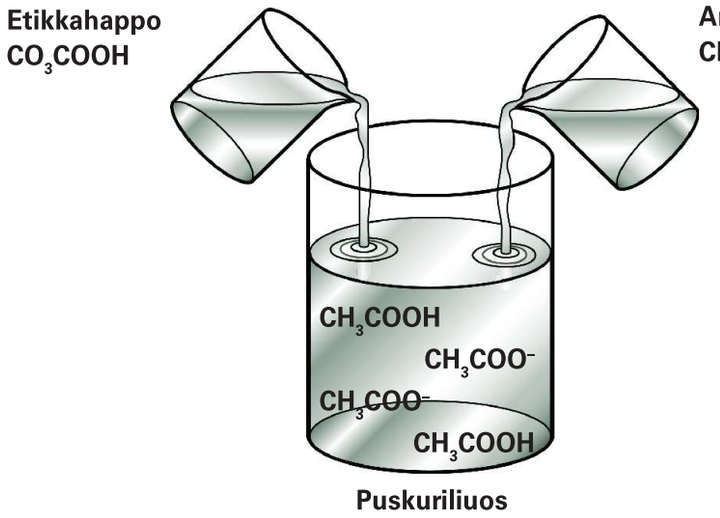
HCl	+	$NaOH$	→	$NaCl$	+	H_2O
suolahappo	+	natriumhydroksidi	→	natriumkloridi	+	vesi

Happojen ja emästen reagoidessa syntyy veden ohella ionisidoksellisia yhdisteitä eli suoloja. Muita suolayhdisteitä ovat esimerkiksi kaliumnitraatti (KNO_3), natriumsulfaatti (Na_2SO_4) ja kalsiumfluoridi (CaF_2).

Joskus voi olla tarpeen säätää pH-arvo sopivalle alueelle ja pyrkiä pitämään se suunnilleen vakiona, vaikka liuokseen joutuisi happoa tai emästä. Esimerkiksi särkylääkkeenä käytettävä asetosalisyylihappo eli aspiriini saattaa aiheuttaa joillekuille mahaoireita, koska mahalaukun happotasapaino muuttuu lääkkeen vaikutuksesta. Lääkettä on kehitet-

ty siten, että siihen on lisätty niin sanottuja puskuroivia ainesosia. Niiden ansiosta mahalaukun pH-arvo ei muutu, kun lääkettä nautitaan.

Liuoksia, jotka kykenevät vastustamaan pH:n muutosta, kutsutaan puskuriliuoksiksi. Niiden pH-arvo ei sanottavasti muutu happoa tai emästä lisättäessä. Myöskään liuoksen laimentaminen ei muuta puskuroidun liuoksen pH-arvoa.



Sekoittamalla etikkahappoa (CH_3COOH) ja ammoniumasetaattia (CH_3COONH_4) saadaan liuokseen sekä happomolekyylejä (CH_3COOH) että saman hapon emäsosia (CH_3COO^-). Tällainen liuos voi reagoida sekä lisättävän happaman että emäksisen liuoksen kanssa, ilman että sen pH-arvo muuttuu.

Puskuriliuos voidaan valmistaa joko heikon hapon ja sen vastinemäksen tai heikon emäksen ja sen vastinhapon seoksista.

1) Happoa lisätään puskuroituun liuokseen

Jos etikkahapon (CH_3COOH) ja ammoniumasetaatin (CH_3COONH_4) muodostamaan puskuriliuokseen lisätään happoa, liuokseen muodostuu hapon hajaantuessa protoneja (H^+-ioneja). Tällöin tapahtuu seuraava reaktio.

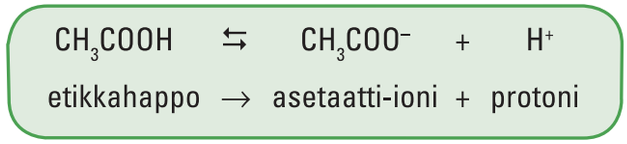
$$CH_3COO^- + H^+ \leftrightarrows CH_3COOH + H_2O$$

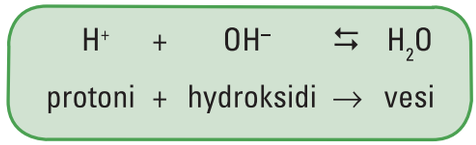
asetaatti-ioni + protoni → etikkahappo + vesi

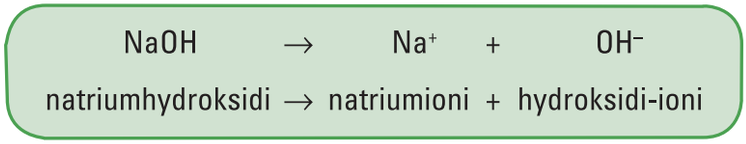
Puskuriliuoksen asetaatti-ionit reagoivat hapon luovuttamien H^+-ionien kanssa, eikä pH-arvo liuoksessa pääse laskemaan.

2) Emästä lisätään puskuroituun liuokseen

Jos puskuriliuokseen lisätään emästä, kuten natriumhydroksidia (NaOH), tapahtuvat seuraavat reaktiot.



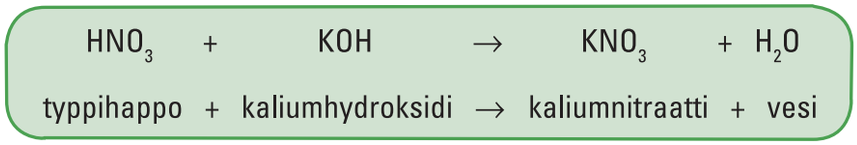




Jos liuokseen lisätään emästä, puskuriliuoksen happomolekyylien protonit reagoivat emäksen hydroksidi-ionien (OH–) kanssa eikä pH pääse kohoamaan.

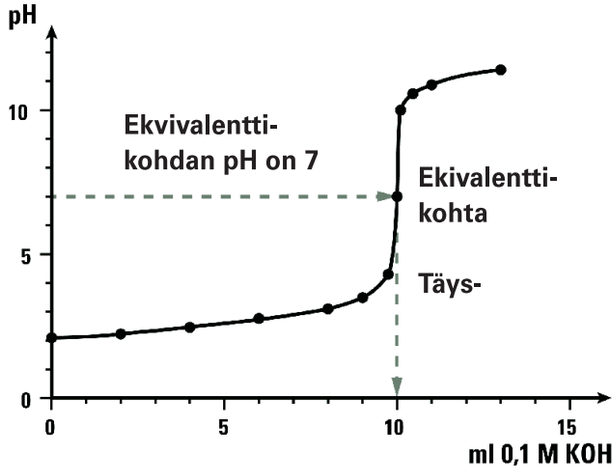
pH-arvon avulla voidaan tutkia pitoisuuksia

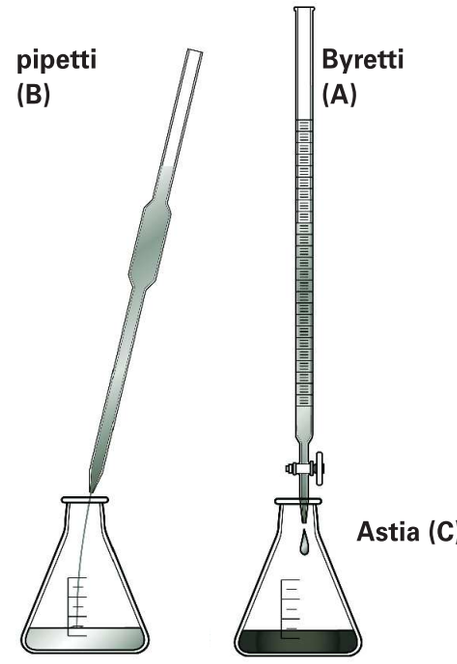
Esimerkiksi typpihapon ja kaliumhydroksidin neutraloitumisreaktiossa muodostuu kaliumnitraattisuolaa ja vettä.



Jos valmistetaan kaliumhydroksidiliuos (KOH), jonka väkevyys tunnetaan tarkasti, näytteessä olevan hapon väkevyys voidaan määrittää niin sanotulla happo-emästitrauksella. Tässä analyysissä byretti (A) on täytetty väkevyydeltään tarkasti tunnetulla KOH-liuoksella. Kun KOH-liuosta päästetään tipoittain happoliuosta sisältävään astiaan (C), liuos neutraloituu. Tällöin alla olevan kuvan mukaisesti astiassa C indikaattoriväriaine, fenoliftaleiini, muuttuu värittömästä vaaleanpunaiseksi. Titrauskäyrästä havaitaan, että kun liuos neutraloituu, eli sen pH-arvoksi tulee 7, lisätyn KOH-emäksen määrä $V = 10$ ml.

Vahvan hapon titraus vahvalla emäksellä. Byretti A on täytetty KOH:lla ja näytehappo on annosteltu tarkasti täyspipetillä B astiaan C.





Jos käytettäisiin pH-mittaria, se näyttäisi neutraloitumiskohdassa arvoa 7. Byretin asteikolta voidaan kirjata muistiin tämän ekvivalenttikohdan saavuttamiseen tarvitun KOH-liuoksen määrä.

Kulutetun KOH-emäsliuoksen määrän ja väkevyyden avulla voidaan laskea näytteenä olleen happoliuoksen väkevyys.

Esimerkki 2 Laske suolahappoliuoksen (HCl) väkevyys, kun titrauksessa 10 ml:n happonäytteeseen lisättiin 10 ml 0,01 mol/l:n KOH-liuosta. Tällöin indikaattorin väri muuttui vaaleanpunaiseksi.

Ratkaisu: Neutraloitumisessa hapon ja emäksen ainemäärät ovat yhtä suuret:

$n_{HCl} = n_{KOH}$

Koska ainemäärä n saadaan kertomalla liuoksen konsentraatio c ja liuoksen tilavuus V eli $n = cV$, saadaan

$c_{HCl} \cdot V_{HCl} = c_{KOH} \cdot V_{KOH}$, josta ratkaistaan

$$c_{HCl} = \frac{c_{KOH} \cdot V_{KOH}}{V_{HCl}}$$

$$c_{HCl} = \frac{0{,}01\frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 0{,}075\,\text{l}}{0{,}01\,\text{l}} = 0{,}075\frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

Vastaus: Happoliuoksen väkevyys on $c_{HCl} = \mathbf{0{,}075\,\frac{mol}{l}}$.

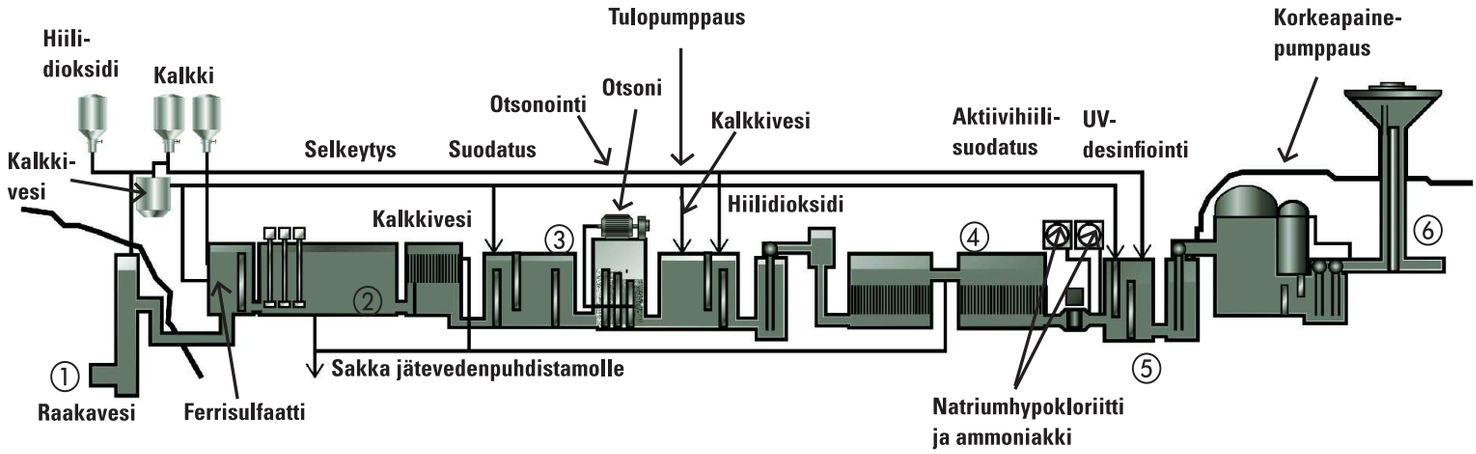
Vedenpuhdistuksessa tarvitaan happamuuden säätöä

Puhdasta vettä on Suomessa helposti saatavilla, kun taas lämpimämmillä seuduilla Afrikassa ja Aasiassa siitä on monin paikoin pulaa. Puhtaan juomaveden valmistaminen raakavedestä ja jätevesien puhdistaminen ovat monivaiheisia kemiallisia prosesseja. Esimerkiksi kaupunkien asukkaiden juomaveden valmistaminen vaatii suuria prosessilaitteita ja erilaisia vedenpuhdistuskemikaaleja.

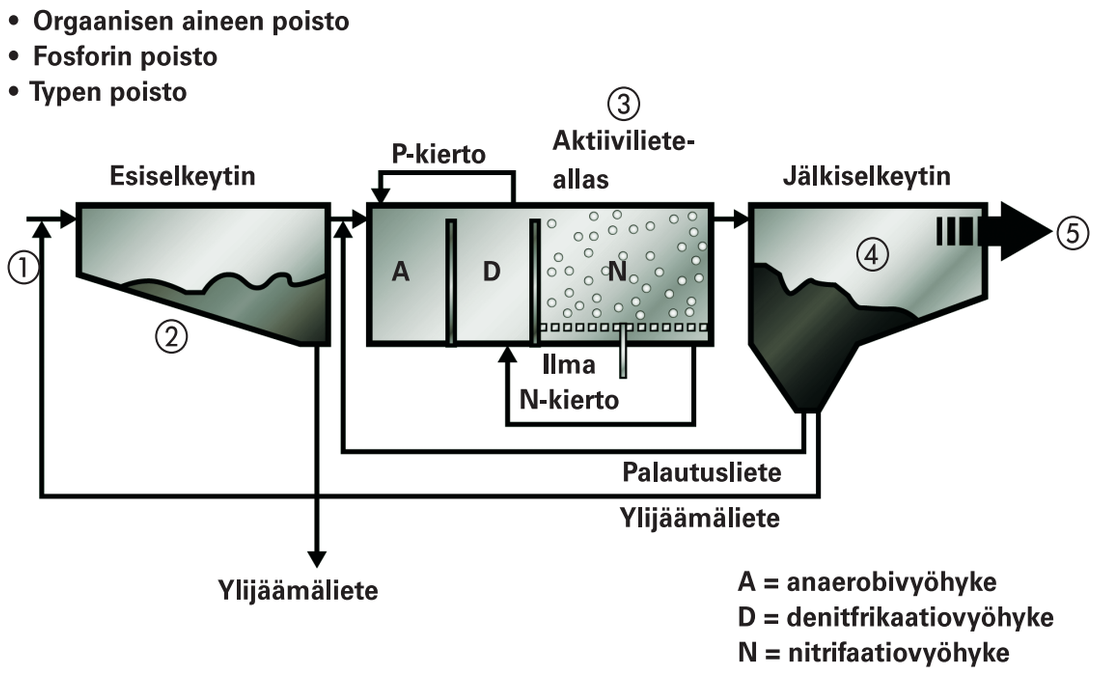
Teollisuudessa ja kotitalouksissa syntyy paljon jätevettä, jota ei voi sellaisenaan laskea takaisin luontoon. Näissä jätevesissä on sekä epäorgaanisia että orgaanisia epäpuhtauksia. Teollisuuden jätevesistä selluloosa ja paperiteollisuus sekä elintarviketeollisuus tuottavat orgaanisia jätteitä sisältävää jätevettä. Maatalous puolestaan tuottaa valumavesien kautta epäorgaanisia epäpuhtauksia sisältävää jätevettä. Asutuskeskuksien jätevedet sisältävät molempia epäpuhtauksia.

Esimerkiksi pesuaineet, joita käytetään vaatteiden puhdistamiseen, joutuvat viemäreiden kautta asutuskeskusten jätevesien puhdistamolle. Jäteveden epäorgaaniset epäpuhtaudet eli typpi ja fosfori taas rehevöittävät vesistöjä. Lisäksi jätevesissä on ympäristölle haitallisia raskasmetalleja (esim. elohopeaa ja kadmiumia). Epäorgaanisten epäpuhtauksien poistamiseen on usein käytettävä kemiallisia menetelmiä. Saostuskemikaaleina käytetään kalsiumhydroksidia ($Ca(OH_2)$), alumiinisulfaattia ($Al_2(SO_4)_3$) ja ferrisulfaattia ($Fe_2(SO_4)_3$).

Helsingin juomavesi puhdistetaan raakavedestä, jota pumpataan Päijänteestä saakka. ① Raakavedestä erotetaan ensin saostamalla ferrisulfaatin ($Fe_2(SO_4)_3$) avulla veden epäpuhtaudet, jotka painuvat selkeytysvaiheessa altaan pohjalle ②. Sakka toimitetaan jäteveden-puhdistamolle. Selkeytysaltaan vesi suodatetaan ja samalla sen pH-arvoa kohotetaan kalkkivedellä ($CaCO_3 + H_2O$). Sitten vesi käsitellään otsonilla (O_3), jolla saadaan tuhotuksi haitallisia mikrobeja ja hapetetaan jäljellä olevat rauta- ja mangaani-ionit saostuvaan muotoon ③. Veden pH:ta säädetään jälleen kalkkivedellä, minkä jälkeen se suodatetaan aktiivihiilisuodattimilla ④. Tällöin vedestä poistuvat jälkisaostetut aineet sekä mahdolliset saostumattomat orgaaniset aineet. Lopuksi vesi desinfioidaan klooraamalla natriumhypokloriitilla ja säteilyttämällä sitä UV-valolla ⑤. Veden pH säädetään noin arvoon 8, minkä jälkeen se pumpataan vesitorniin ⑥.



Helsingin vedenpuhdistamon prosessin vaiheet



Jäteveden puhdistuksen vaiheet

Puhdistamolle tulevasta jätevedestä (ks. yllä oleva kuva) erotetaan kiintoaines mekaanisilla seuloilla ①, minkä jälkeen suoritetaan esiselkeytys lisäämällä saostuskemikaaleja ②, joilla epäpuhtaudet saostuvat selkeytysaltaan pohjalle. Suuri osa asutuskeskusten ja teollisuuden jätevesistä puhdistetaan esikäsittelyjen jälkeen biologisella aktiivilietemenetelmällä. Aktiivilietettä sisältävään ilmastusaltaaseen ③ johdetaan jätevettä ja ilmaa, ja lietealtaan mikrobit hajottavat jäteveden orgaanisen epäpuhtauden vaarattomiksi yhdisteiksi. Muodostunut jäteliete erotetaan selkeytysaltaissa ④, joista puhdistettu vesi johdetaan vielä mahdollisiin jälkipuhdistus- ja desinfiointivaiheisiin. Lopulta puhdistettu vesi voidaan johtaa järviin tai mereen ⑤.

Kemikaalien hävittämisessä on huomioitava jätevesipuhdistamon prosessi. Erityisesti biologinen aktiivilietevaihe ei siedä suuria määriä raskasmetalleja tai hyvin suuria pH:n muutoksia tulevassa puhdistettavassa jätevedessä. Tämän vuoksi vain pieniä määriä happoja ja emäksiä on mahdollista neutraloinnin jälkeen kaataa viemäriin. Suuret määrät neutraloimatonta happoa aiheuttavat lisäksi käytössä olevien metallisten viemäriputkien syöpymistä.

Kierrätys kannattaa

Tyhjä kierrätysmuovipullo kannattaa palauttaa kaupan palautusautomaattiin. Automaatissa pullo litistetään pieneksi. Kaupasta litistetyt pullot haetaan varastokeskuksiin, josta teollisuus ostaa kierrätysmuovia raaka-aineekseen. Muovista tehdään rouhetta, josta valmistetaan ensisijaisesti uusia pulloja. Puhdas PET-muovi sopii myös muun teollisuuden raaka-aineeksi, kuten fleece-kankaiden materiaaliksi.

Ellei muovipulloja tai muuta muovituotteita kierrätetä, niistä voi koitua merkittäviä haittoja ympäristölle. Muovit aiheuttavat jätteinä merkittävää haittaa luonnolle muun muassa siksi, että niiden maatumisaika luonnossa saattaa olla tuhansia vuosia.

Muovituotteista suuri osa voitaisiin hyödyntää joko uusiomuovina tai energiaraaka-aineina. Suomessa käytettävissä muovituotteissa on merkinnät niiden kierrätettävyydestä.

Muita tärkeitä kierrätettäviä materiaaleja ovat paperi, metalli (alumiini, rauta ja kupari) sekä lasi.

Vie jätteet ekopisteisiin

Jokainen voi itse estää ympäristön pilaantumista pohtimalla oman toimintansa vaikutuksia ympäristölle ja toimimalla ympäristöä säästävästi. Jokaisella on mahdollisuus toimia kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti eli kierrättää käyttämiään tuotteita, vähentää muodostuvan jätteen määrää sekä pienentää energian ja puhtaan veden kulutustaan. Kotitalouksissa syntyvän jätteen voi lajitella ja viedä paikallisiin kierrätyspisteisiin.

Tällaisiin ekopisteeseen kotitaloudet voivat jättää maksutta pahvia, paperia, keräyskartonkia, muovia, metallia, puhdasta puuta (ilman minkäänlaista käsittelyä ja mahdollisine nauloineen), alle 1 m3:n verran kyllästettyä puuta, lasia, autonrenkaita vanteineen tai ilman, sähkö- ja elektroniikkaromua sekä vaarallisia jätteitä.

BIOJÄTE • hedelmien ja juuresten kuoret • lihan ja kalan perkuujätteet • talouspaperit ja lautasliinat • kahvin- ja teenporot, suodatinpussit ja -paperit • ruoantähteet, kiinteä rasva ja pienet luut • kananmunankuoret ja munakennot • kuivuneet ja pilaantuneet elintarvikkeet • puutarha- ja kasvijäte, kukkamulta • lemmikkien purupohjaiset kuivikkeet 	**EI** • nestemäiset jätteet • kissanhiekka • vaipat yms. • pölypussit, tuhka ja tupakantumpit • lääkkeet
ENERGIAJÄTE • muovi ja styroksi • elintarvikkeiden ja muiden tuotteiden muovipakkaukset (myös nrotunnuksella 7) • tekstiilit ja vaatteet • lahja-, kääre- ja pakkauspaperit • likainen ja kostea paperi, pahvi ja kartonki • liimautuvat muistilaput, osoitetarrat ja niiden taustapaperit • karkkipaperit 	**EI** • muovit numerotunnuksella 3 (PVC-muovi) • painekyllästetty puu • alumiinia sisältävä materiaali (esim. foliovuoratut tölkit) • posliini • nahka, keinonahka, jalkineet, sadeasut • siivousjäte (esim. pölynimuripussit)
SEKAJÄTE • posliini ja keramiikka • vaipat • hehkulamput • ikkuna- ja peililasi hyvin pakattuna • siivousjäte ja pölypussit • tupakantumpit 	**EI** • hyötyjätteet • sähkö- ja elektroniikkalaitteet • vaaralliset jätteet
PAPERI • sanoma- ja aikakauslehdet • puhelinluettelot • kirjat ilman kansia • mainoslehtiset • kirjekuoret 	**EI** • narut, teipit, muovit • kartonki, pahvi • lautasliinat, munakennot • muovilla tai vahalla pinnoitetut paperit (esim. lahjapaperit)
PAHVI • pahvilaatikot ja aaltopahvi • ruskeat paperikassit ja -pussit • voimapaperit 	**EI** • likainen pahvi • paperit ja lehdet • kirjat ja kirjankannet • kartonki

KARTONKI
- kartonkipakkaukset (esim. muropaketit)
- kopiopapereiden kääreet
- askartelukartongit ja piirustukset
- aaltopahvi ja voimapaperi
- talous- ja WC-paperihylsyt
- paperikassit ja -pussit
- kartonkitölkit huuhdeltuina (myös folioidut)

LASI
- lasipurkit ja -tölkit
- pantittomat lasipullot
- lasimaljakot ja -astiat

EI
- posliini ja keramiikka
- lamput
- kristalli
- opaali- eli maitolasi
- ikkuna- ja peililasi, auton tuulilasi
- kuumuutta kestävä lasi (uunivuoat, kahvikannut jne.)

METALLI
- säilyketölkit
- pantittomat juomatölkit
- alumiinivuoat ja -foliot
- kattilat ja pannut
- tyhjät maalipurkit ja aerosolipullot
- metallikorkit ja -tuubit

EI
- isot metalliromut
- sähkö- ja elektroniikkaromu
- paristot ja ladattavat akut
- hehkulamput
- kahvi- ja perunalastupussit

Jäteaseman kierrätys- ja lajitteluohjeita

Ihmisten toiminnan johdosta sekä kotitalouksissa että teollisuudessa syntyy vaarallista jätettä. Aiemmin tästä jätteestä käytettiin termiä ongelmajäte.

Kodin vaaralliset jätteet

- Voimakkaat pesu- ja puhdistusaineet
- Kynsilakat
- Lääkkeet
- Elohopeakuumemittarit
- Loisteputket ja -lamput, energiansäästölamput*
- Akut (kannettavat pienakut)*
- Paristot, nappiparistot*

Autotallien ja varastojen vaaralliset jätteet

- Kulkuneuvojen vaaralliset jätteet
  - akut*
  - öljyt ja öljynsuodattimet, jarrunesteet, bensiini, lasinpesuneste, ruosteenirrotusaine
- Remonttitarvikkeet:
  - maalit ja lakat pakkauksineen
  - puunkyllästysaineet
  - liima, kitti, hartsi
  - eriste- ja täyteaineet
  - liuotinaineet (tärpätti, tinneri, asetoni, ksyleeni, tolueeni)
- Muut vaaralliset jätteet
  - torjunta-aineet
  - rikki-, suola- ja muut hapot
  - palosammuttimien halonit
  - kaasupullot ja muut painepakkaukset

* Paristojen ja akkujen sekä sähkö- ja elektroniikkaromun (SER) kierrätys ja jätehuolto ovat tuottajien vastuulla. Monissa SER-tuotteissa voi olla mukana vaarallista jätettä. Tuottajavastuu tarkoittaa, että tuotteen maahantuoja tai valmistaja vastaa tuotteen kierrätyksestä, uudelleenkäytöstä ja jätehuollosta. Tuotteen palautus tuottajan järjestämään kierrätysjärjestelmään on kuluttajalle maksutonta.

Vaarallisten jätteiden parhaita keräysastioita ovat aineiden alkuperäiset pakkaukset, koska niissä on asianmukaiset varoitusmerkit. Valmistajien pitää merkitä aineet ja tuotteet niiden vaaraominaisuuksia osoittavin merkein ja tekstein. Todellisuudessa kaikissa tuotteissa, jotka jätteenä ovat vaarallista jätettä, ei kuitenkaan aina ole asiaa käsittelevää merkintää.

Vaaralliset jätteet hävitetään viemällä ne keräyspisteisiin, joista ne kuljetetaan tuhottaviksi. Suomessa Oy EkoKem Ab:llä on vaarallisten jätteiden hävittämiseen tarkoitettu laitos Riihimäellä.

Ihmisen elinympäristöön kuuluu luonnon monimuotoisuus. Kaikkia luonnossa vaikuttavia tekijöitä ei kuitenkaan vielä hallita. Ne vaikuttavat meihin, vaikkemme olisi edes tietoisia niistä. Esimerkiksi luonnosta saasteet siirtyvät ravintoketjuun ja saattavat huonontaa elintarvikkeiden puhtautta. Valinnoillaan ihminen voi kuitenkin vaikuttaa tulevaisuuden elinympäristöön ja sen tasapainoon.

Hiilidioksidi aiheuttaa ilmaston lämpenemistä

Jätteiden polttamisessa syntyy hiilidioksidia, ja myös muovin, öljyn ja kivihiilen polttaminen suurentaa ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta. Öljyyn sitoutunut hiili vapautuu poltossa hiilidioksidiksi, joka kohoaa ilmakehään. Polttoaineita poltettaessa syntyy hiilidioksidin lisäksi rikkidioksidia ja typen oksideja.

Maapallo vastaanottaa Auringosta tulevaa lämpösäteilyä. Osan lämmöstä Maa säteilee takaisin avaruuteen, mutta ilmakehä estää osaa lämpösäteilystä etenemästä takaisin avaruuteen. Ilmakehän lämmittävää vaikutusta kutsutaan **kasvihuoneilmiöksi**, koska ilmakehä toimii osittain vastaavalla tavalla kuin kasvihuone.

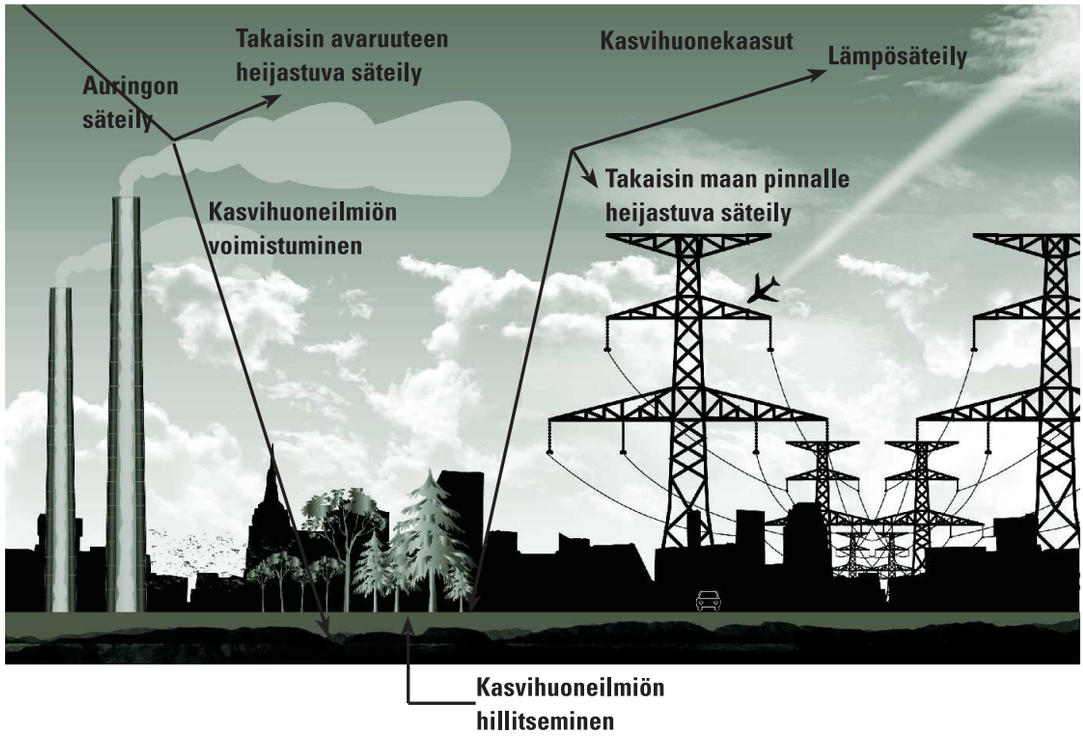
Ilmakehän lämmittävän vaikutuksen, kasvihuoneilmiön, aiheuttavat ilmakehässä olevat niin sanotut **kasvihuonekaasut**. Merkittävimpiä kasvihuonekaasuja ovat vesihöyry (H_2O), hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4), otsoni (O_3) ja dityppioksidi (N_2O).

Ihmisen toiminnan vaikutuksesta kasvihuonekaasujen määrä on lisääntynyt ja samalla ilmakehän lämmön läpäisy pienentynyt. Tämä on vahvistanut kasvihuoneilmiötä ja aiheuttanut ilmaston lämpenemistä. Maapallon keskilämpötila kohoaa kuitenkin hitaasti. Viimeisten sadan vuoden aikana kohoamista on tapahtunut noin yhden asteen verran. Lämpötilan muutos saattaa silti aikaa myöten johtaa maapallon jääpeitteen pienenemiseen, merenpinnan kohoamiseen, myrskyjen yleistymiseen ja aavikoitumisen etenemiseen.

Metsät toimivat terveinä ollessaan hiilinieluina eli hiilidioksidipäästöjen hillitsijöinä, jotka hidastavat ilmaston lämpenemistä. Samalla ne myös tuottavat uusiutuvaa energiaa, joskin puunpoltto lisää pienhiukkasten määrää ja siten huonontaa hieman hengitysilman laatua. Ympäristönsuojelua on tämänkin vuoksi tehostettava.

Happamat sateet pilaavat vesistöjä ja maaperää

Öljyn ja hiilen polttamisesta syntyy rikkidioksidia (SO_2) ja typpidioksidia (NO_2), jotka reagoivat ilmakehän vesihöyryn kanssa. Kun sadeveden pH-arvo on alle 5,6, puhutaan **happamista sateista**. Sadeveden mukana maahan sataa laimeaa happoa, joka muuttaa maaperää ja vesistöjä happamammiksi. Tämä vaikuttaa haitallisesti kasvi- ja eliökuntaan: sadot huononevat ja vesistöjen kalakannat kärsivät.

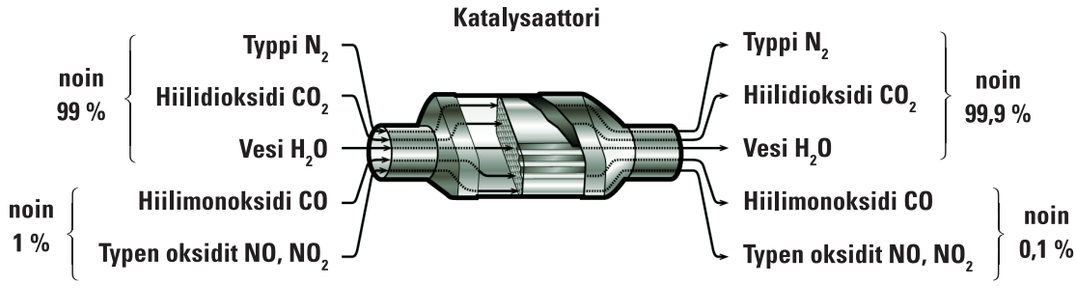


Ilmakehään ihmisen toiminnan tuloksena syntyvät päästöt, kuten autojen pakokaasut ja energiantuotannon savukaasut, aiheuttavat kasvihuoneilmiön kiihtymistä.

Pakokaasut puhtaiksi katalysaattorilla

Liikenteen aiheuttamia päästöjä on pystytty vähentämään huomattavasti käyttämällä autoissa pakokaasukatalysaattoreita. Niissä kennomaiseen runkoaineeseen (joko keraaminen tai metallifolio) on kiinnitetty katalysoivia aineita, platinaa (Pt), palladiumia (Pd), rodiumia (Rh)

tai ceriumia (Ce). Niiden ansiosta bensiinimoottoreiden pakokaasuissa olevat hiilimonoksidi (CO) ja hiilivedyt (HC) muuttuvat nopeasti hiilidioksidiksi ja vedeksi. Pakokaasujen typenoksidit (NO_x) muutetaan samalla typpikaasuksi (N_2).

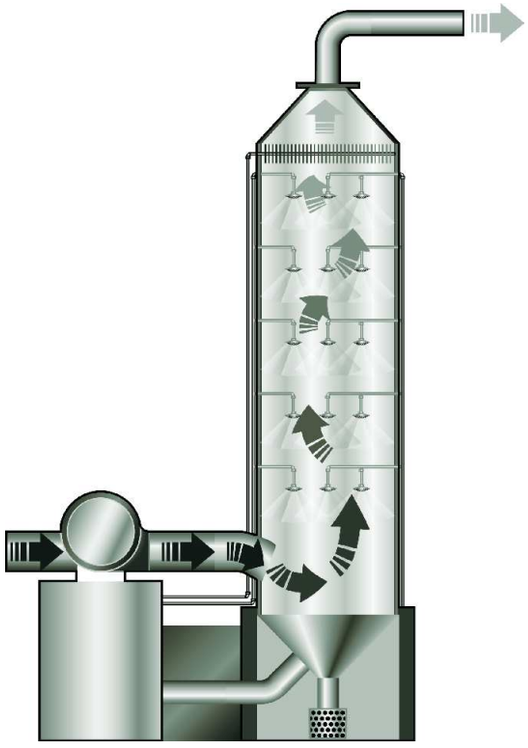


Auton katalysaattorin rakenne. Kennomatriisin pinnalla oleva katalysoiva aines kiihdyttää pakokaasujen kemiallisia reaktioita, joiden lopputuloksena päästöt vähenevät.

Savukaasupesurilla pestään tehtaiden tuottamia kaasuja

Pesurissa tehtaiden ja energialaitosten savukaasut pestään runsasta nestemäärää käyttäen siten, että epäpuhtaudet siirtyvät kaasusta nesteeseen. Samalla kaasu jäähtyy. Pesurilla voidaan hiukkasten lisäksi poistaa myös rikkiyhdisteitä (kuten rikkidioksidia SO_2 ja rikkitrioksidia SO_3) sekä muita happamia kaasukomponentteja. Tällöin pesuriin on syötettävä veden lisäksi jotakin emäksistä kemikaalia, esimerkiksi natriumhydroksidia (NaOH). Savukaasu pestään suuttimilla pesurin alavaiheessa ja mahdollinen savukaasun vesihöyryn lämpö otetaan talteen lämpimänä vetenä pesurin ylävaiheessa. Lämmön talteenotto parantaa pesurin käyttötaloutta ja laitoksen kokonaishyötysuhdetta. Lämmön talteenotolla varustetut pesurit ovatkin viime aikoina yleistyneet lämpövoimaloissa. Niistä on hyötyä varsinkin silloin, kun käytetään erittäin märkiä puupolttoaineita, joiden savukaasun vesihöyrypitoisuus on suuri.

Osa pesuliuoksesta palautetaan takaisin pesukiertoon. Hiukkasia sisältävä ylimääräinen pesuliuos on käsiteltävä asianmukaisesti, eikä sitä yleensä voida hyödyntää.



Savukaasupesurissa sumutetaan suuttimista emäksistä nestettä savukaasujen virtaa vastaan, jolloin rikkiyhdisteet ja nokihiukkaset tarttuvat nestepisaroihin.

Elinkaarianalyysi paljastaa ympäristövaikutukset

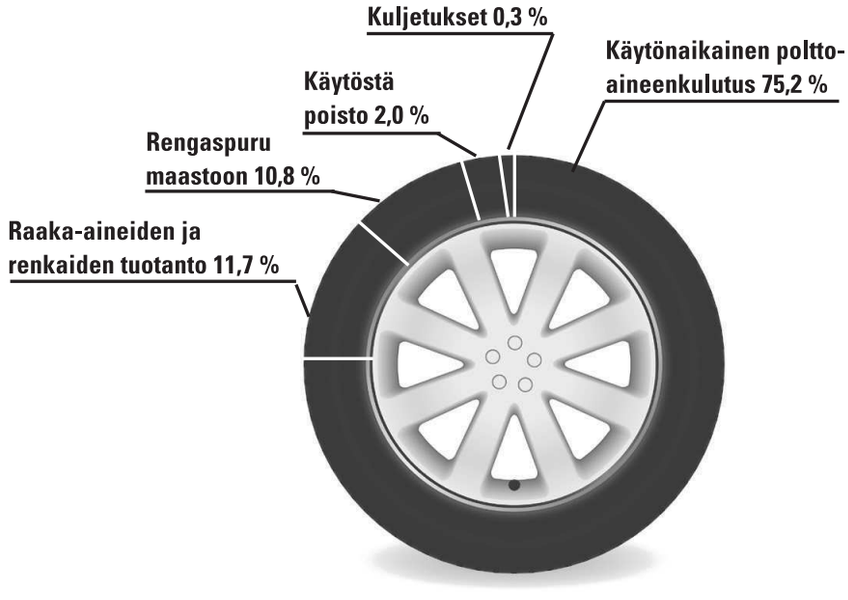
Uusia tuotteita ja materiaaleja kehitetään jatkuvasti. Uudet tuotteet voivat aiheuttaa luonnon tasapainolle tuhoisia seurauksia, ellei niitä ole tutkittu kunnollisesti. Kemikaalien ja ihmisen valmistamien materiaalien vaikutuksia luonnon sietokyvylle tutkitaan siksi jatkuvasti.

Tuotteen **elinkaarella** tarkoitetaan tuotteen valmistuksen, käytön ja käytöstä poiston eri vaiheita. Elinkaari kattaa tuotteen koko elinajan raaka-aineista aina jätteeksi asti. **Elinkaarianalyysin** avulla arvioidaan tuotteen tai toiminnon aiheuttamat ympäristövaikutukset tuotteen tai toiminnon koko elinkaaren aikana. Tuotteen valmistajan tulisi kantaa vastuu toimintansa ja tuotteidensa ympäristövaikutuksista koko niiden elinkaaren ajan.

Esimerkki 3 Tarkastele auton renkaan elinkaarta raaka-aineiden hankinnasta renkaan lopulliseen kulutuksen jälkeiseen hyötykäyttöön.

Ratkaisu: Elinkaari on jaettavissa karkeasti neljään osaan:

1. raaka-aineiden sekä energian valmistus ja hankinta.
   Auton renkaan elinkaari alkaa kumipuusta esimerkiksi Indonesiasta tai Thaimaasta.
2. renkaan valmistus.
   Rengas valmistetaan, varastoidaan ja kuljetetaan rengasliikkeisiin ja autotehtaille.
3. renkaan käyttö.
   Käytönaikaisista ympäristövaikutuksista merkittävin on ajoneuvon polttoaineen kulutus. Jos renkaan painoa ja vierintävastusta pystytään pienentämään, voidaan vähentää polttoaineen kulutusta. Tällöin saadaan vähennetyksi pakokaasupäästöjä ja kasvihuonekaasujen muodostumista.
4. käytetyn renkaan hyötykäyttö.
   Renkaan elinkaari päättyy esimerkiksi siten, että se käytetään rengasmurskeena maanrakennuksessa.



Renkaan elinkaaren ympäristövaikutusten jakautuminen

Hiilijalanjälki kuvaa tuotteen kasvihuonevaikutusta

Tuotteen tai toiminnan **hiilijalanjälki** kuvaa, kuinka paljon tuotteen tai toiminnan elinkaaren aikana syntyy kasvihuonekaasuja. Muovikassin hiilijalanjälki on vain 36 grammaa. Jos perheeseen ostetaan 100 muovikassia vuodessa, niiden osuus kotitalouden kaikista ilmastovaikutuksista on noin prosentin sadasosa. Automatka kauppaan ja kassin sisältö taas saastuttavat moninkertaisesti itse ostoskassiin verrattuna, olipa ostoskassi valmistettu mistä materiaalista tahansa.

Puuvillainen ”ekokassi” voi olla haitallisempi kuin viiden vuoden muoviset ostoskassit, sillä sen valmistamiseen käytetään energiaa huomattavasti enemmän kuin muovikassin valmistamiseen. Toisaalta kassinkantajan farmarihousut aiheuttavat vielä huomattavasti suuremman hiilijalanjäljen.

Sähkömoottoriavusteinen polkupyörä on tehokas ja lisää pyöräilymukavuutta. Saasteita syntyy vähemmän, kun autoilu vähenee pyöräilyn suosion kasvaessa.

Autoilussa merkittävin pakokaasupäästöjen määrään vaikuttava tekijä on kuitenkin kuljettajan ajotapa. Taloudellinen ajotapa säästää jopa 10–20 % polttoainetta. Hiilijalanjälki pienenisi merkittävästi vaikkapa vähentämällä työmatkojen tekemistä yksityisautoilla ja vaihtamalla se mahdollisuuksien mukaan polkupyöräilyyn tai joukkoliikenteen käyttöön.

Energiatehokkuus ja uusiutuvan energian tuotto

Luonnonvarojen käyttöönoton lisääminen lisää ympäristöongelmia. Ilmaston muutoksen vaikutukset näkyvät lämpötilan nousuna. Ellei hiilidioksidipäästöjä onnistuta pienentämään, lämpötilan nousu uhkaa muuttaa luonnon tasapainoa. Euroopan unioni on asettanut tavoitteeksi vähentää päästöjä 20 % vuoteen 2020 mennessä. Tämä tarkoittaa, että ihmisten on tultava toimeen pienemmällä energian kulutuksella jokapäiväisessä elämässään ja koneiden ja laitteiden on pystyttävä toimimaan pienemmällä energiamäärällä. Energiatehokkuus on avain maapallon lämpötilan nousun estämiseen.

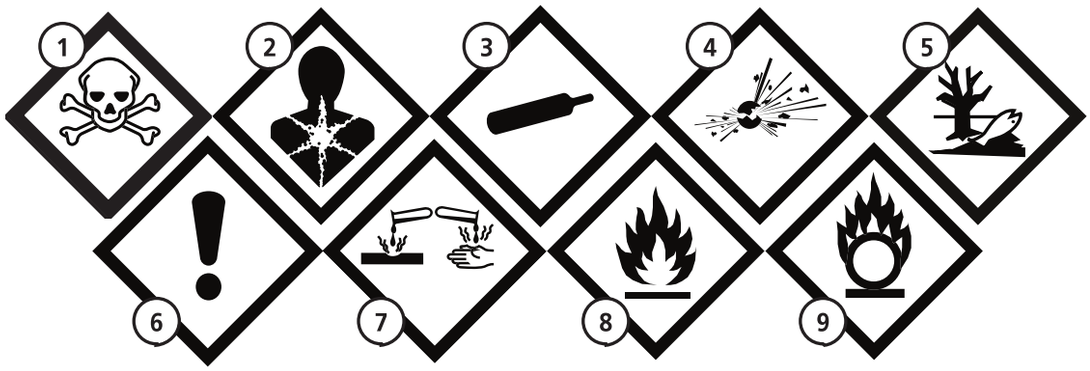
Vaatimus heijastuu muun muassa kiinteistöjen uusina energiamääräyksinä siten, että tavoitteena on noin 20 %:n energiansäästö vuonna 2012. Tällöin seinäeristeistä aletaan tehdä noin 50 mm paksumpia. Lämmitysenergian laskennallinen säästö on noin 10 %.

Ilmastonmuutosta voidaan hidastaa tuottamalla energiaa uusiutuvista energianlähteistä. Aurinkopaneeleilla tuotetaan sähköenergiaa sitomalla Auringon säteilyenergiaa. Auringon lämpösäteilyn lämpö synnyttää tuulet, joten tuulienergiakin on välillisesti aurinkoenergiaa. Aurinkoenergia ja tuulienergia eivät tuota hiilidioksidipäästöjä, joten niiden tuottaminen ei kiihdytä kasvihuoneilmiötä.

Työskentele turvallisesti

Työturvallisuus kemikaaleja käsiteltäessä

Kemikaalit ja kemialliset yhdisteet voivat väärin käytettyinä aiheuttaa vakavia vaaroja. Tästä syystä kemikaalien käsittelystä ja niiden vaarallisuudesta tiedottamisesta on Suomessa säädetty kemikaalilaissa ja kemikaaliasetuksessa.



Uudet kemikaalien varoitusmerkit:
① välitön myrkyllisyys, ② krooninen terveyshaitta,
③ paineen alainen kaasu, ④ räjähde, ⑤ ympäristövaarat,
⑥ terveyshaitta, ⑦ syövyttävä, ⑧ syttyvä, ⑨ hapettava

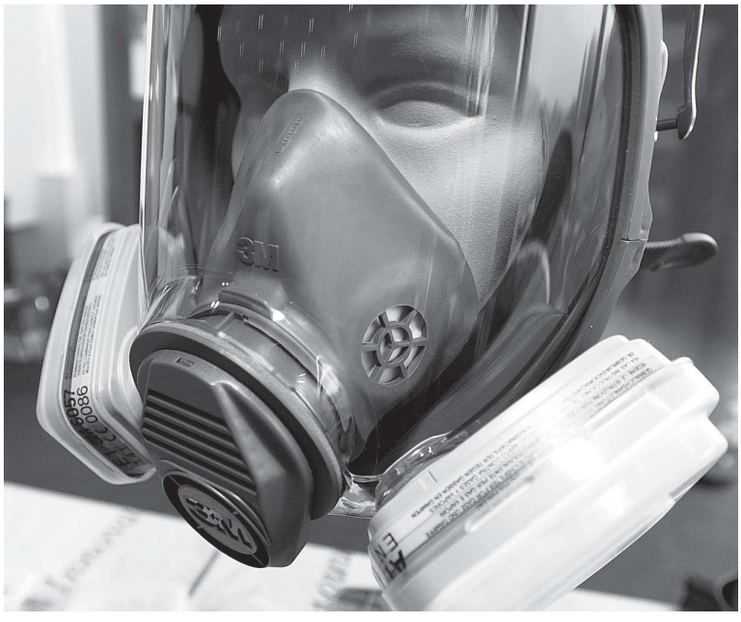
Kemikaalit voivat vaikuttaa välittömästi tai pitkän ajan kuluessa. Esimerkiksi perimää vaurioittavat aineet saattavat vaikuttaa vasta pitkän altistumisen jälkeen. Kemikaalilla saattaa myös olla useita vaarallisia ominaisuuksia. Se voi esimerkiksi olla sekä helposti syttyvä että ympäristölle vaarallinen.

Kemikaalien käsittelyyn tarvitaan henkilökohtaisia suojautumisvälineitä:

a) suojapuku (takki tai haalari)
b) suojakäsineet. Käsineitä on saatavilla erilaisiin suojautumistarpeisiin ohuista vinyylikäsineistä aina paksuihin, happoja kestäviin suojakäsineisiin. Tarvittaessa suojana voidaan lisäksi pitää kumista suojaesiliinaa.
c) suojalasit tai -naamari. Silmiin joutunut happo tai emäs tuhoaa helposti silmän.

Henkilökohtaisia suojavälineitä laboratoriotyöskentelyyn

d) kaasunaamari kemikaalihöyryiltä tai kaasumaisilta kemikaaleilta suojautumiseen. Laboratoriossa suojautumiseen voidaan käyttää myös vetokaappeja, joissa ilmastointi poistaa työskenneltäessä muodostuvat vaaralliset yhdisteet.



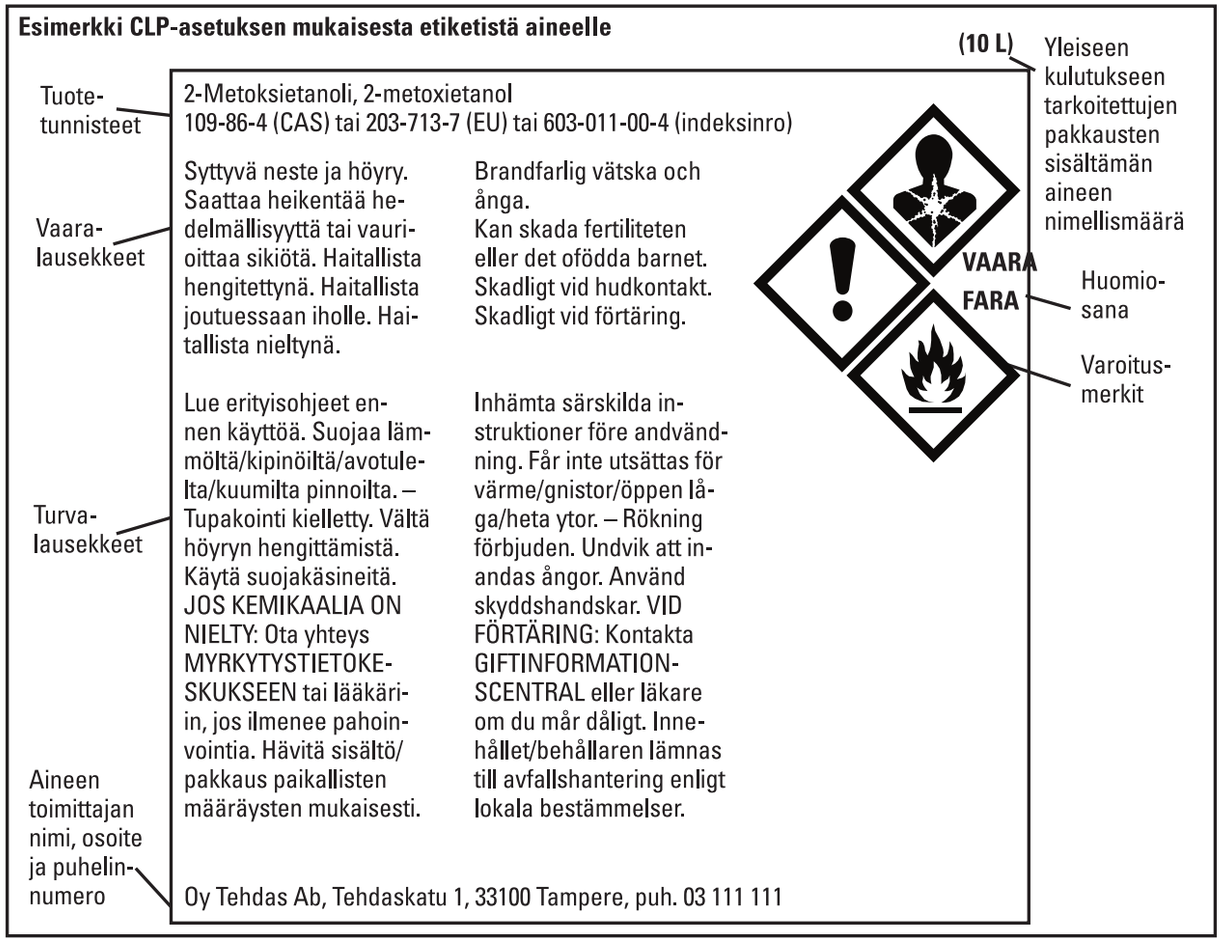
Kaasumaisilta kemikaalivaaroilta suojaudutaan kaasunaamarin ja vetokaapin avulla.

Turvallisesta työskentelystä vastaa viime kädessä jokainen työntekijä itse. **Käytä suojavälineitä**!

Käyttöturvallisuustiedote ja pakkauksen etiketti opastavat kemikaalinkäsittelyssä

Kemikaalin käyttäjän on hyvä tietää kemikaalin terveysvaaroista sekä sen vaarallisuudesta ympäristölle. Valmistajan pitää laatia jokaisesta valmistamastaan kemikaalista **käyttöturvallisuustiedote** (KTT; englanniksi MSDS). Käyttöturvallisuustiedotteessa on esimerkiksi happojen ja emästen hävittämisohjeet. Pienet määrät happoja ja emäksiä voidaan neutraloida ja kaataa sen jälkeen viemäriin. Suuremmat erät taas on lähetettävä vaarallisten jätteiden käsittelylaitokseen, Ekokem Oy:hyn Riihimäelle. Esimerkki asetonin käyttöturvallisuustiedotteesta on tämän kirjan liitteenä.

Vaarallista ainetta sisältävä astia tai pakkaus on aina varustettava **etiketillä**, josta käyttäjä saa tietoa kemikaalin nimestä, toiminnanharjoittajasta yhteystietoineen, vaarallisista aineista, aineen määrästä pakkauksessa, varoitusmerkinnöistä (R- ja S-lausekkeet) sekä muista turvalliseen käyttöön tarvittavista asioista.



Aineen vaarallisuudesta voidaan ilmoittaa R-lausekkeilla, jotka antavat lisätietoa varoitusmerkin osoittamasta vaarasta. Kemikaalin käsittelyyn liittyvistä turvallisuustoimenpiteistä puolestaan kertovat S-lausekkeet.

Aineen vaarallisuutta terveydelle ilmaistaan LD_{50}- ja HTP-arvoilla

LD_{50}-arvo kertoo, kuinka suuri annos kyseistä kemikaalia tappaa puolet sen saaneista koe-eläimistä. LD_{50}-arvoja käytetään ilmaisemaan erityisesti aineiden myrkyllisyyttä. Euroopan unionin alueella aineen myrkyllisyys jaotellaan seuraavan taulukon mukaisesti.

Aineiden myrkyllisyys

Myrkyllisyys	Nieltynä (rotilla)	Ihon kautta (rotilla tai kaniineilla)
erittäin myrkyllinen	< 25 mg/kg	< 50 mg/kg
myrkyllinen	25–200 mg/kg	50–400 mg/kg
haitallinen	200–2 000 mg/kg	400–2 000 mg/kg

Haitalliseksi tunnettu pitoisuus eli HTP-arvo on pienin ilman kemikaalipitoisuus, josta voi olla haittaa terveydelle. HTP-arvo ilmoitetaan yleensä haitallisten molekyylien suhteena ilmapartikkeleiden määrään miljoonasosina (ppm eli parts per million) tai milligrammoina ilmakuutiometriä kohti (mg/m3).

Haitalliseksi tunnettu pitoisuus ilmoitetaan 8 tunnin (HTP8h), 15 minuutin (HTP15min) tai hetkellisenä ilman epäpuhtauden pitoisuudelle altistumisena.

Sisäilman kemiallisia epäpuhtauksia ovat muun muassa aldehydit, ammoniakki, formaldehydi, haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC/TVOC), hiilidioksidi, hiilimonoksidi eli häkä, otsoni, polyaromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet, radon-kaasu, rikkidioksidi, styreeni, typen oksidit ja tupakansavu.

Tehtäviä

11.21 Mitä tarkoitetaan seuraavilla termeillä:

a) elinkaari

b) hiilijalanjälki

c) kasvihuoneilmiö

d) ongelmajäte?

11.22 Mihin jäteastioihin laittaisit seuraavat jätteet:

a) muovinen limonadipullo

b) muovinen viemäriputken pätkä rakennustyömaalla

c) valumuoteissa käytetyt betoniset laudat

d) banaaninkuori

e) vanha auton lyijyakku

f) tyhjät pahvilaatikot

g) ruostunut saunan kiuas?

11.23 Pohdi, millaisia kuormittavia tekijöitä on opiskelupaikkasi osastolla.

11.24 Pohdi, mitä jätelajia kotonasi syntyy eniten. Miten kierrätät syntyvät jätteet mahdollisimman tehokkaasti? Voisitko jotenkin vähentää jätteiden kokonaismäärää?

11.25 Mitä tietoja saadaan kemikaalin välittäjän tai maahantuojan kemikaalin käyttäjälle antamasta käyttöturvallisuustiedotteesta (KTT)?

11.26 Mitä seuraavat varoitusmerkinnät tarkoittavat?

a) b) c)

d) e) f)

11.27 Millä tavoin oman alasi työpaikoilla pyritään vähentämään ympäristöä kuormittavia tekijöitä?

11.28 Mitä ympäristöä säästäviä tai ympäristön suojelua edistäviä toimia aiot tulevaisuudessa tehdä?

11.29 Miten pitää hävittää 50 litraa jätteeksi luokiteltua väkevää rikkihappoa?

11.30 Hae tietoa erilaisten kodin puhdistusaineiden ja polttoaineasemalla myytävien tuotteiden varoitusmerkinnöistä. Mihin vaarallisten kemikaalien luokkiin ne kuuluvat?

11.31 Etsi, millaisia H- ja P-lausekkeiden ohjeita annetaan esimerkiksi pyridiinistä.

11.32 Hiilimonoksidikaasusta ilmoitetaan seuraava HTP-arvo: HTP (8 h) CO 30 ppm.
Onko kaasu vaarallista terveydelle?

11.33 Etsi liitteenä olevasta asetonin käyttöturvallisuustiedotteesta aineen HTP-arvot. Mitä muita asioita kemikaalin käyttöturvallisuustiedotteessa kerrotaan?

11.34 Miten puskuriliuos toimii?

TIEDONHAKUTEHTÄVÄT

11.35 Miten ympäristöä uhkaavia vaaroja (ilman saastuminen, vesien pilaantuminen, maaperän saastuminen) on mahdollista torjua?

TUTKIMUSTEHTÄVÄT

11.36 Tee indikaattorikoe punakaalilla. Raasta punakaalia ja keitä raastetta pienessä määrässä vettä. Kun siivilöit valmiin raastemehun, syntyy kotitekoista pH-indikaattoria. Voit kokeilla indikaattorin värjäytymistä ottamalla eri koeputkiin esimerkiksi ruokaetikkaa, sitruunan mehun vesiliuosta, hanavettä, ruokasoodan vesiliuosta ja konetiskiaineen vesiliuosta. Lisää jokaiseen koeputkeen muutama pisara valmistamaasi punakaali-indikaattoria ja tee havaintoja muodostuneesta väristä.

Uudet kemikaalien varoitusmerkit

Välitön myrkyllisyys

Krooninen terveyshaitta

Paineen alainen kaasu

Räjähde

Ympäristö-vaarat

Terveyshaitta

Syövyttävä

Syttyvä

Hapettava

Vanhat kemikaalien varoitusmerkit

Syövyttävä C

Ympäristölle vaarallinen N

Räjähtävä E

Helposti syttyvä F / Erittäin helposti syttyvä F^+

Hapettava O

Myrkyllinen T / Erittäin myrkyllinen T^+

Haitallinen X_n / Ärsyttävä X_i

pH-väriasteikko

Tehtävä 5.1

Yhdistä suure ja yksikkö viivoilla:

Suure	Yksikkö
valaistusvoimakkuus	K
värilämpötila	lm
valovirta	lx

Tehtävä 5.2

Yhdistä sanat lauseiksi ja kirjoita ne vastausviivoille.

Valo heijastuu aineiden rajapinnassa.

Kovera peili kokoaa valoa.

Valovirta kuvaa valon määrää.

Tehtävä 5.3

Onko väite tosi? Korjaa väärät väittämät.

a) Valovirran yksikkö on watti.

Epätosi. Valovirran yksikkö on luumen.

b) Kovera peili kokoaa valoa.

Tosi

c) Valo kokonaisheijastuu valokuidussa.

Tosi

d) Kupera linssi kokoaa valoa.

Tosi

Tehtävä 5.4

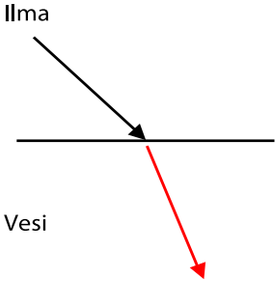
Kuvaile työtilanteita, joissa valon heijastumisesta on haittaa. Miten häiritsevä heijastuminen voidaan estää?

Valo saattaa heijastua esimerkiksi työpöydältä, tietokoneen näytöltä tai työstettävästä esineestä. Häiritsevät heijastukset pystytään korjaamaan suuntaamalla valo oikein.

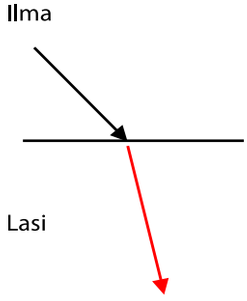
Tehtävä 5.5

Piirrä, miten valo taittuu
a) ilman ja veden rajapinnassa
b) ilman ja lasin rajapinnassa
c) ilman ja timantin rajapinnassa.

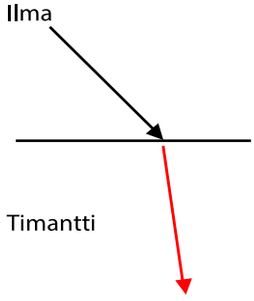
a)



b)



c)



Tehtävä 5.6

Kuvaile lyhyesti seuraavia ilmiöitä:

a) valon taittuminen

Valon taittuminen tarkoittaa ilmiötä, jossa valon kulkusuunta muuttuu, kun valo kohtaa kahden aineen rajapinnan. Valo ei etene suoraviivaisesti toiseen aineeseen, vaan sen suunta muuttuu.

b) valon kokonaisheijastus.

Valo kokonaisheijastuu, jos se tulee riittävän suuressa tulokulmassa lasista ilmaan (tai vedestä ilmaan).

Tehtävä 5.7

Mihin valon ominaisuuteen perustuvat seuraavat sovellukset:

a) valokaapeli

Valokaapeli perustuu kokonaisheijastukseen.

b) peili?

Peili perustuu valon heijastumiseen.

Tehtävä 5.8

Ratkaisu:

Kuvassa b

Tehtävä 5.9

Ratkaisu:

Kuvassa c

Tehtävä 5.10

Onko väite tosi? Korjaa väärät väitteet.

a) Kupera linssi taittaa valon polttopisteeseen.

Tosi

b) Kovera peili hajottaa valoa.

Epätosi. Kovera peili kokoaa valoa.

c) Valon kokonaisheijastus syntyy, kun valo tulee riittävän vinosti lasista ilmaan.

Tosi

d) Öljyn väriläikät vedenpinnalla seuraavat valon polarisaatiosta.

Epätosi. Ilmiö seuraa valon interferenssistä.

Tehtävä 5.11

Täydennä taulukko.

Ilmiö, asia	Sovellus
Valon heijastuminen	**Peili**
Kokonaisheijastus	Prisma, takymetri

Tehtävä 5.12

Ratkaisu:

Lampun teho on 23 W, ja se vastaa 108 W:n hehkulamppua.

Lampun valovirta on 1 550 lm

Lampun kesto vuosina on 8 vuotta.

Valon väri on lämmin valkoinen.

Lampun mitat ovat 126 · 62 mm.

Lampun käyttämä jännite on 220–240 V.

Lampun kanta on E27.

Lamppu sisältää elohopeaa.

Lamppu ei ole säädettävä.

Sytytysten määrä on 5 000.

Lamppu saavuttaa 60 % maksimitehostaan 5–30 sekunnissa.

Tehtävä 5.13

a) Keksi esimerkkejä tilanteista, joissa huono valaistus voi olla työturvallisuusriski.

Miten valaistusta voitaisiin kyseisissä tilanteissa parantaa?

Rakennustyö talvella. Lisävalaistus parantaa tilannetta.

b) Keksi esimerkkejä tilanteista, joissa liian kirkas valo tai häikäisy on työturvallisuusriski.
Miten häikäisyä voitaisiin kyseisissä tilanteissa vähentää?

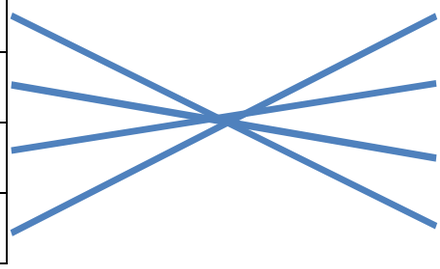
Aurinko voi häikäistä rakennustyömaalla. Hitsattaessa silmät on suojattava valokaaren voimakkaalta valolta.

1.1 Täydennä taulukko

suure	yksikkö
nopeus	m/s
matka	m
aika	s
kiihtyvyys	m/s^2

1.2 Yhdistä suure ja tunnus viivoilla.

suure	tunnus
nopeus	m/s^2
matka	*t*
aika	*s*
kiihtyvyys	*v*



1.3 Ovatko seuraavat väitteet tosia vai epätosia?

a) Nopeuden yksikkö on s/m. epätosi

b) Matkan yksikkö on m. tosi

c) Ajan yksikkö on v. epätosi

d) Keskinopeus on kuljettu matka jaettuna matkaan käytetyllä ajalla. tosi

e) Nopeus 20 m/s on yhtä suuri kuin 72 km/h. tosi

1.4 Kerro, missä ammateissa ei mielestäsi tarvita fysiikan tietoja. Perustele kantasi.

Fysiikka on läpäisyaine kaikissa tekniikan alan ammateissa, joten fysiikan tiedot ovat hyvälle ammatinosaajalle välttämättömiä.

1.5 Nimeä, mikä on suure (mitattu asia), kun yksikkönä on

a) metri pituus

b) sekunti aika

1.6 Selitä, millaista liikettä kuvataan seuraavassa

a) aika–matka-koordinaatistossa tasainen liike

b) aika–nopeus-koordinaatistossa. tasainen liike

1.7 a) Mitä tarkoitetaan kiihtyvyydellä?

Kiihtyvyys kuvaa nopeuden muutosta aikayksikössä.

b) Mikä on kiihtyvyyden tunnus?

Kiihtyvyyden tunnus on *a*.

c) Mikä on kiihtyvyyden yksikkö?

Kiihtyvyyden yksikkö on m/s^2.

1.8 Mitä on

a) työ

Fysiikassa työ lausutaan voiman ja matkan tulona.

b) teho

Teho on suure, joka kuvaa, kuinka nopeasti työ tehdään. Teho on sitä suurempi, mitä suurempi työ tehdään tietyssä ajassa.

c) energia

Energiaa on oltava, jos työtä halutaan tehdä. Energia voi muuttua muodosta toiseen, mutta energian kokonaismäärä pysyy samana.

1.9 Santeri tekee "dippejä" eli nostaa oman painonsa suorille käsille 30 cm:n korkeuteen 20 kertaa. Kuinka suuren työn hän tekee? Santerin massa on 65 kg.

Massa $m = 65$ kg

Nostokorkeus $h = 0{,}3 \text{ m} \cdot 20 = 6$ m

Nostotyö $W = Gh = mgh$

Sijoitetaan lukuarvot nostotyön lausekkeeseen:

$W = 65 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \text{ m/s}^2 \cdot 6 \text{ m} = 3\,825{,}9 \text{ Nm} = 3\,825{,}9 \text{ J} \approx 3{,}8 \text{ kJ}$

Vastaus: Santeri tekee 3,8 kJ:n työn.

1.10 Laske, kuinka suuri työ tehdään, kun lautakasa, jonka massa on 250 kg, nostetaan 6,0 metrin korkeudelle.

Massa $m = 250$ kg

$s = h = 6{,}0$ m

Nostotyö $W = Gh = mgh = ?$

Sijoitetaan lukuarvot lausekkeeseen:

$W = 250 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \text{ m/s}^2 \cdot 6{,}0 \text{ m} = 14\,715 \text{ Nm} = 14\,715 \text{ J} \approx 15 \text{ kJ}$

Vastaus: Nostotyö on 15 kJ.

1.11 Mainitse esimerkkejä tilanteista, joissa

a) potentiaalienergia muuttuu liike-energiaksi

Kun polkupyöräilijä lähtee mäen päältä ja tulee tasaiselle tielle, hänen potentiaalienergiansa on muuttunut liike-energiaksi.

b) liike-energia muuttuu potentiaalienergiaksi.

Vastaavasti kun polkupyöräilijän liike-energia on riittänyt mäen päälle nousemiseen, hänen liike-energiansa on muuttunut potentiaalienergiaksi.

1.12 Välitunnin aikana seurattiin viereisellä kadulla kulkevien autojen liikkeitä.
Erään auton seurannan pohjalta laadittiin seuraava taulukko.

b) Mikä on kadulla kulkeneen auton keskinopeus 6 sekunnin aikana?

$$\text{nopeus} = v = \frac{73\ \text{m}}{6\ \text{s}} = 12{,}167\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 12\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

c) Mikä on auton nopeus kilometreinä tunnissa?

$$12{,}0 \cdot 3{,}6 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 43{,}2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

1.13 Muunna 60 km/h yksiköksi m/s.

$$60 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{60\ \text{m}}{3{,}6\ \text{s}} = 16{,}67\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 17 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Vastaus: 17 m/s

1.14 Oven karmin tekoon käytettävää puuta höylätään 3 600 m neljässä tunnissa. Mikä on höylän keskimääräinen syöttönopeus?

s = 3 600 m

t = 4 h

Syöttönopeus on v = ?

Sijoitetaan arvot lausekkeeseen

$$v = \frac{s}{t} = \frac{3600\ \text{m}}{4\ \text{h}} = 900\ \frac{\text{m}}{\text{h}} = \frac{900\,\text{m}}{60\,\text{min}} = 15\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Vastaus: Höylän syöttönopeus on 15 m/min.

1.15 Kissa, jonka massa on 4,0 kg, kiipeää puuhun 5,0 metrin korkeuteen 5,0 sekunnissa. Mikä on kissan teho?

Kissan massa $m = 4{,}0$ kg.

Nousukorkeus $h = 5{,}0$ m.

Nostotyö $W = mgh$.

Nousuaika $t = 5{,}0$ s.

Sijoitetaan lukuarvot tehon lausekkeeseen:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{4{,}0\ \text{kg} \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5{,}0\ \text{m}}{5{,}0\ \text{s}} = 39{,}2 \frac{\text{J}}{\text{s}} \approx 39\ \text{W}$$

Vastaus: Kissan teho on 39 W.

1.16 Työmaalla nosturi nostaa elementin, jonka massa on 6 000 kg, 9,0 metrin korkeuteen 1,0 min:ssa. Laske nosturin teho.

Elementin massa $m = 6\,000$ kg.

Nostokorkeus $h = 9{,}0$ m.

Nostotyö $W = mgh$.

Aika $t = 60{,}0$ s.

Sijoitetaan lukuarvot tehon lausekkeeseen:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{6\,000\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 9{,}0\ \text{m}}{60{,}0\ \text{s}} = 8\,829 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 8\,829\ \text{W} \approx 8{,}8\ \text{kW}$$

Vastaus: Nosturin teho on 8,8 kW.

1.17 Mainitse tilanteita, jossa kappaleella on

a) liike-energiaa

Liikkuva auto; polkupyöräilijä; mikä tahansa kappale, joka liikkuu

b) potentiaalienergiaa

Esimerkiksi kun kirja nostetaan pöydälle, kirjalla on lattiaan nähden potentiaalienergiaa.

c) sekä liike- että potentiaalienergiaa.

Mäkeä alas lasketteleva hiihtäjä, alamäkeen kulkeva auto tai polkupyöräilijä

1.18 Hevosvoima on vanha tehon yksikkö, jonka suuruudeksi määriteltiin yhden hevosen keskimääräinen teho työpäivän aikana. 1 hevosvoima = 736 wattia. Kuinka monta hevosta traktori korvaa, jos traktorin moottorin teho on 65 kW?

Traktorin moottorin teho 65 kW = hevosten lukumäärä = $x \cdot 736$ W, joten

$$x = \frac{65\ \text{kW}}{736\ \text{W}} = \frac{65\,000\ \text{W}}{736\ \text{W}} = 88{,}3 \approx 88$$

Vastaus: 65 kW:n tehoinen traktori korvaa 88 hevosta.

1.19 Hitsauskoneen langan syötöksi on säädetty 5,5 m/min. Kuinka paljon lankaa kuluu yhden minuutin ja 25 sekunnin hitsauksessa?

$$v = 5{,}5\frac{\text{m}}{\text{min}} = \frac{5{,}5\ \text{m}}{60\ \text{s}}$$

t = 1 min 25 s = 1· 60 s + 25 s = 85 s

s = ?

$$s = v \cdot t = \frac{5{,}5\ \text{m}}{60\ \text{s}} \cdot 85\ \text{s} = 7{,}79\ \text{m} \approx 7{,}8\ \text{m}$$

Vastaus: Hitsauslankaa kuluu 7,8 m.

1.20 Puusepän työpajassa oikohöylätään 4 lautaa rinnakkain tasohöylällä, jonka syöttönopeus on 20 m/min. Kuinka monta metriä lautaa oikohöylätään

a) yhdeltä puolelta työpäivän aikana, jos työpäivän tehollisiksi ajaksi lasketaan 5 tuntia päivässä

nopeus v = 20 m/min

t = 5 h =5 · 60 min = 300 min

s = ?

$$s = v \cdot t = 20\frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 300\ \text{min} = 6000\ \text{m}$$

Lautoja on neljä rinnakkain, joten työpäivän aikana oikohöylätään

4 · 6 000m = 24 000 m.

Vastaus:

Työpäivän aikana oikohöylätään 24 000 m lautaa.

b) kaikilta neljältä puolelta puhdashöylättyä lautaa, jos työpäivän tehollisiksi ajaksi lasketaan 5 tuntia päivässä ja höylässä on aina 4 lautaa rinnakkain?

Neljältä puolelta puhdashöylättyä lautaa höylätään edellä saatu määrä:

$$\frac{24\,000\ \text{m}}{4} = 6\,000\ \text{m}$$

Vastaus:

Työpäivän aikana saadaan puhdashöylättyä lautaa 6 000 m.

1.21 Uimahyppääjä ponnisti kymmenen metrin korkeudesta veteen. Pudotus kesti 1,4 sekuntia, ja hyppääjä saapui veden pintaan nopeudella 13 m/s. Mikä oli hyppääjän keskikiihtyvyys?

Liike on tasaisesti kiihtyvää, ja sen alkunopeus on nolla.

$t = 1{,}4$ s

$v = 13$ m/s

Hyppääjän keskikiihtyvyys = kiihtyvyys = a.

$v = at$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{13\frac{\text{m}}{\text{s}}}{1{,}4\,\text{s}} = 9{,}2857\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9{,}3\frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Vastaus:

Hyppääjän keskikiihtyvyys on 9,3 m/s^2.

1.22 Autoesitteen mukaan auto voi saavuttaa 12 sekunnissa levosta lähtien nopeuden 90 km/h.

a) Kuinka suuri on autoa kiihdyttävä voima, kun auton massa kuljettajineen on 1 200 kg?

$t = 12$ s

$$\text{loppunopeus } v_l = 90\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{90}{3{,}6\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 25\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

alkunopeus $v_a = 0$

$m = 1\ 200$ kg

$F = ?$

Kiihtyvyys lasketaan kiihtyvyyden lausekkeesta

$$a = \frac{v_l - v_a}{t}$$

Sijoitetaan annetut arvot yhtälöön:

$$a = \frac{25\frac{\text{m}}{\text{s}} - 0}{12\text{ s}} = 2{,}0833\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 2{,}1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Autoa kiihdyttävä voima saadaan lausekkeesta $F = ma$ sijoittamalla sinne nyt tunnetut lukuarvot:

$$F = 1200\text{ kg} \cdot 2{,}0833\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2499{,}96\text{ N} \approx 2{,}5\text{ kN}$$

Vastaus:

Autoa kiihdyttävä voima on 2,5 kN.

b) Kuinka suuri voima kohdistuu 80 kilogramman massaiseen kuljettajaan kiihdytyksessä?

$F =$ (Kuinka suuri voima kohdistuu kuljettajaan kiihdytyksessä)?

$m = 80$ kg

$$a = 2{,}1\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kuljettajaan kohdistuva voima ratkaistaan dynamiikan peruslain yhtälöstä $F = ma$ sijoittamalla sinne nyt tunnetut lukuarvot:

$$F = 80\text{ kg} \cdot 2{,}0833\frac{\text{m}}{\text{s}} = 166{,}664\text{ N} \approx 170\text{ N}$$

Vastaus:

Kuljettajaan kohdistuu kiihdytyksessä 170 N:n voima.

1.23 Poro vetää Joulupukin rekeä tietyllä voimalla, jolloin Newtonin III peruslain mukaan Joulupukin reki vetää poroa yhtä suurella mutta vastakkaissuuntaisella voimalla. Nämä kaksi voimaa kumoavat toisensa, eikä poro siis pysty vetämään Joulupukin rekeä liikkeelle. Mikä vika tässä päättelyssä on?

Päättelyssä ei otettu huomioon, että voimat kohdistuvat eri kappaleisiin. Vain samaan kappaleeseen kohdistuvia voimia voidaan laskea yhteen.

1.24 Kun naulaa vivutaan ylös, vasara kallistuu ja samalla tukipiste siirtyy, jolloin irrottava voima pienenee. Naulaan vaikuttava irrotusvoima lasketaan tasapainoehdon avulla.

Tilanteessa vaikuttaa voiman ja vastavoiman laki siten, että vasara on vuorovaikutuksessa käden ja naulan kanssa. Vasara aiheuttaa voimavaikutukset: voimanuoli käteen ja naulaan.

Piirrä vihkoosi tilannekuva ilman vastavoimia siten, että kuvassa näkyvät voimat ja voimavarat.

Lausu momentit vasaran kannan (A) suhteen (vasaran kanta on kiinni alustassa) tasapainotilanteessa. Tukipiste on se piste, jonka ympäri vasara kiertyy.

Momenttiyhtälöt tukipisteen A suhteen ovat

naulaa kiinnipitävä naulan momentti = naulaa irrottava käden vääntömomentti

$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$, josta voidaan ratkaista kysyttyjä suureita.

Vastaus:

Momenttien tasapainoyhtälöt pisteen A:n suhteen $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$.

1.25 Missä ajassa 4,5 kW:n tehoinen nosturi pystyy nostamaan 1,2 tonnin taakan 6,0 m:n korkeudelle? Nosturin hyötysuhteeksi arvioidaan 80 %.

Nosturin ottoteho $P = 4{,}5$ kW.

Nostettava taakka $m = 1{,}2$ tonnia $= 1\,200$ kg.

Aika $t = ?$

Nostokorkeus $h = 6{,}0$ m.

Nostotyö $W = gh = mgh.$

Hyötysuhde $\eta = 80\ \% = 80/100 = 0{,}8.$

Hyötysuhde

$$\eta = \frac{P_{anto}}{P_{otto}}$$

tarkoittaa tässä tehoa, jonka nosturi pystyy antamaan. Nosturi antaa tehon $P_{\text{anto}} = \eta \cdot P_{\text{otto}}$ ja tällä teholla taakka nousee, joten

$$P_{anto} = \frac{W}{t}$$

jolloin tästä voidaan ratkaista aika t:

$$t = \frac{W}{P_{anto}} = \frac{mgh}{P_{anto}} = \frac{mgh}{\eta \cdot P_{otto}}$$

Sijoitetaan lukuarvot lausekkeeseen:

$$t = \frac{1\,200\ \text{kg} \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6{,}0\ \text{m}}{0{,}8 \cdot 4{,}5\ \text{kW}} = \frac{70\,632\ \text{Nm}}{3\,600\ \text{W}} = \frac{19{,}62\ \text{J}}{\frac{\text{J}}{\text{s}}} = 19{,}6\ \text{s}$$

Vastaus:

Nosturi nostaa taakan 19,6 sekunnissa.

1.26 Moottorivene saavutti 27 solmun (km) nopeuden 37 hv:n teholla. Laske, mihin nopeuteen veneen pitäisi yltää 22 hv:n teholla. Kulkuvastus kasvaa suoraviivaisesti nopeuden kasvaessa, siten että tehot suhtautuvat kuten nopeuden toiset potenssit.

Koska tehot suhtautuvat kuten nopeuden toiset potenssit, kysytty nopeus voidaan ratkaista verrannon avulla.

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{v_1^{\,2}}{v_0^{\,2}}$$

jossa

$P_0 = 37$ hv

$P_1 = 22$ hv

$v_0 = 27$ kn

$v_1 = ?$

$$v_1^{\,2} = \frac{v_0^{\,2} \cdot P_1}{P_0}$$

joten

$$v_1 = v_0\sqrt{\frac{P_1}{P_0}} = 27\text{ kn}\sqrt{\frac{22\text{ hv}}{37\text{ hv}}} = 20{,}81\text{ kn} \approx 21\text{ kn}$$

Vastaus:

22 hevosvoiman teholla ylletään 21 solmun nopeuteen.

1.27 Kemijoen keskivirtaama on 550 m^3 vettä sekunnissa. Kuinka korkeaksi on suunniteltava pato vesivoimalaitoksessa, jonka tehoksi on suunniteltu 110 MW ja hyötysuhteeksi 80 %?

Vesivoimalaitoksen teho $P_{\text{anto}} = 12$ MW.

Veden massa $m = 8\,400\,000$ kg, koska veden tiheys on 1 000 kg/m^3

Aika $t = 60$ s.

Hyötysuhde $\eta = 80\ \% = 80/100 = 0{,}8$.

$$0{,}8 = \frac{P_{anto}}{P_{otto}}$$

joten

$$P_{otto} = \frac{P_{anto}}{0{,}8}$$

Vesivoimalaitoksen pudotuskorkeus kuvaa veden potentiaalienergiaa, joka virtaavalla vedellä on.

$W = mgh$, jonka on oltava suunnitellun voimalaitoksen tehon suuruinen.

Saadaan yhteys annettujen suureiden ja suunnitellun tehon välille:

$$P_{otto} = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t}$$

$$\frac{P_{anto}}{0{,}8} = \frac{mgh}{t}$$

Tästä voidaan ratkaista kysytty korkeus:

$$h = \frac{P_{anto} \cdot t}{0{,}8 \cdot mg}$$

Tarkistetaan laadut:

$$h = \frac{\text{Ws}}{\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{\text{Ws}}{\text{N}} = \frac{\frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot \text{s}}{\text{N}} = \frac{\text{Nm}}{\text{N}} = \text{m}$$

joten voidaan tehdä sijoitukset:

$$h = \frac{12\,000\,000 \cdot 60 \cdot \text{m}}{0{,}8 \cdot 8\,400\,000 \cdot 9{,}81} = 10{,}92\ \text{m} \approx 11\ \text{m}$$

Vastaus:

Pudotuskorkeus on suunniteltava 11 metriä korkeaksi.

2.1 a) Yhdistä suure ja yksikkö viivoilla.

Suure	**Yksikkö**
lämpötila	Pa
lämpömäärä	J
paine	K

b) Yhdistä suure ja tunnus viivoilla.

Suure	**Tunnus**
lämpötila	*T*
lämpömäärä	*p*
paine	*Q*

2.2 Yhdistä sanat lauseiksi ja kirjoita ne vastausviivoille.

Paineen suuruuteen vaikuttaa pinta-ala.

Sulamispisteessä on lämpötila vakio.

Sulamisessa kiinteä muuttuu nesteeksi.

2.3 Onko väite tosi? Korjaa väärät väittämät.

a) Lämpösäteilyssä lämpö siirtyy aineen kuljetuksessa.

Epätosi. Lämmönkuljetuksessa lämpö siirtyy aineen kuljetuksessa.

b) Lämpölaajenemiseen vaikuttaa lämpötilan muutos.

Tosi.

c) Jäähtyvä kappale sitoo energiaa.

Epätosi. Jäähtyvä kappale luovuttaa energiaa.

d) Lämpöenergia siirtyy lämpimästä kylmään.

Tosi.

2.4 Täydennä lauseet sanoilla ”sulamispisteessä”, ”lämmöneristyskykyä”, ”kutistuu” ja ”vakiona”.

a) Kun kappaletta jäähdytetään, se **kutistuu**.

b) U-arvo kuvaa **lämmöneristyskykyä.**

c) **Sulamispisteessä** lämpötila pysyy **vakiona**.

2.5 a) Muuta celsiusasteista kelvineiksi: alumiinin sulamispiste 660 °C.

Alumiinin sulamispiste on (660 + 273,15) K = 933,15 K ≈ 933 K.

b) Muuta celsiusasteista kelvineiksi: hapen kiehumispiste –183 °C.

Hapen kiehumispiste (–183 +273,15) K = 90,15 K ≈ 90 K.

c) Muuta kelvineistä celsiusasteiksi: elohopean sulamispiste 234 K.

Elohopean sulamispiste (234 – 273,15) °C = –39,15 °C ≈ –39 °C .

d) Muuta kelvineistä celsiusasteiksi: tinan kiehumispiste 2 543 K.

Tinan kiehumispiste (2 543 – 273,15) °C = 2 269,85 °C ≈ 2 270 °C .

2.6 Minkä lämpötila voisi olla

a) 200 °C	leivinuunin
b) 18 °C	asuinhuoneen
c) 80 °C	saunan, leivinuunin
d) 180 °C	uunin
e) 2 800 °C?	tähden sisäosan

2.7 Miksi vesi on sopimaton tavallisen ulkolämpömittarin nesteeksi?

Koska vesi jäätyy nollassa asteessa, se ei näyttäisi pakkasasteita.

2.8 Täydennä taulukko.

Suure	Suureen tunnus	Yksikön lyhenne
Lämpötila	**t (tai T)**	**°C (K)**
Lämpömäärä	Q	**J**
Sulamislämpö	**s**	J/kg
Ominaislämpö	**c**	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\,^\circ\text{C}}$
Paine	**p**	**Pa**

2.9 Metrin pituista terässauvaa ja kuparisauvaa lämmitetään yhtä paljon. Kumman pituus muuttuu enemmän? Perustele.

Kuparisauvan, koska sen pituuden lämpötilakerroin on suurempi

2.10 Kuinka paljon 105 metriä pitkän terässillan pituus kasvaa, kun lämpötila muuttuu 42 °C (talven –20 °C:sta kesän +22 °C:seen).

$l = 105$ m

$\Delta t = 42$ °C

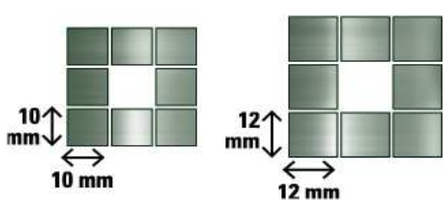
$\alpha = 0{,}000\,012$ 1/°C

$$\Delta l = \alpha l \Delta t = 0{,}000012 \frac{1}{^\circ\text{C}}\ 105\ \text{m}\ \ 42\ ^\circ\text{C} = 0{,}05292\ \text{m} \qquad 0{,}05\ \text{m}$$

Vastaus:

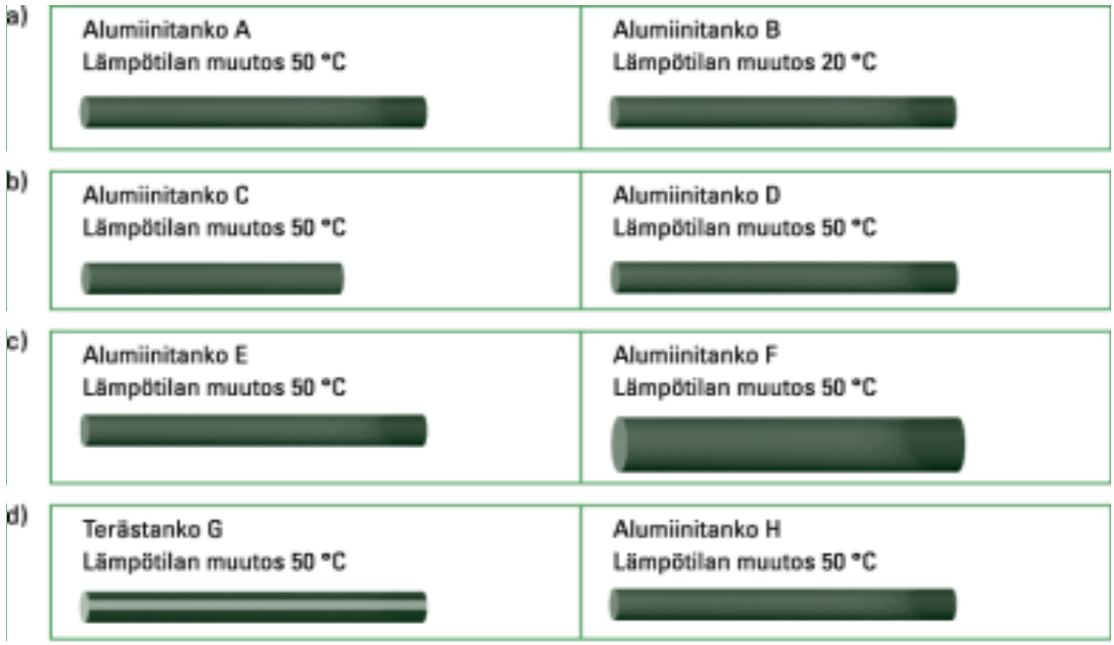
Silta pitenee 0,05 m eli 5 cm.

2.11 Selitä oheisen kuvan avulla, miksi reiällistä levyä lämmitettäessä myös reikä laajenee.



Koska jokainen reikää ympäröivä neliö laajenee, laajenevat myös neliön sivut.

2.12 Metallitangon lämpötila muuttuu kuvassa kerrottavan arvon verran. Kumpi tanko laajenee enemmän? Ympyröi oikea vaihtoehto.



a) alumiinitanko A

b) alumiinitanko D

c) molemmat alumiinitangot

d) alumiinitanko H

2.13 Kuinka paljon 0,543 m:n pituista huoneenlämpöistä (20 °C) terässauvaa pitäisi lämmittää, jotta sen pituus muuttuisi 1,2 mm?

$l = 0{,}543$ m

$\Delta l = 1{,}2$ mm $= 0{,}0012$ m

$\alpha = 0{,}000\,012$ 1/°C

Ratkaistaan lämpötilan muutos pituuden muutoksen kaavasta $\Delta l = \alpha l \Delta t$.

$$\Delta l = \alpha l \Delta t \,|: \alpha l$$

$$\frac{\Delta l}{\alpha l} = \Delta t$$

Sijoitetaan lukuarvot

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{\alpha l} = \frac{0{,}0012 \text{ m}}{0{,}000012 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 0{,}543 \text{ m}} = 184{,}1621\,^\circ\text{C} \approx 180\,^\circ\text{C}$$

Vastaus:

Terässauvaa pitää lämmittää 180 °C.

2.14 a) Mitkä ovat lämmönsiirtymistavat?

Lämmönsiirtymistavat ovat johtuminen, kuljetus ja säteily.

b) Kerro kaikista niistä ainakin kaksi käytännön esimerkkiä.

Johtuminen: Lämpöä johtuu rakennuksen seinän läpi. Kahvikupissa oleva hopealusikka tuntuu kädessä kuumalta.

Kuljetus: Golf-virta kuljettaa lämpöenergiaa. Lämpöpattereihin tuleva vesi kuljettaa lämpöenergiaa.

Säteily: Nuotio lämmittää säteilemällä. Säteilylämmitin lämmittää parvekkeella.

2.15 Mitä aineen rakenteelle tapahtuu, kun se muuttuu

a) kiinteästä nesteeksi

Kun aine muuttuu kiinteästä nesteeksi, aineen kiderakenne hajoaa. Aineen rakenneosaset pystyvät kulkemaan vapaasti astiassa, jossa ainetta on.

b) nesteestä kaasuksi? Piirrä kuva muutoksesta.

Kun aine muuttuu nesteestä kaasuksi, aineen rakenneosaset vapautuvat toisistaan ja leviävät vapaasti.

2.16 Mitä tarkoittaa

a) sulamislämpö

Sulamislämpö kertoo, kuinka paljon energiaa kuluu, kun kilogramma ainetta sulaa, tai vastaavasti, kuinka paljon energiaa vapautuu, jos kilogramma ainetta jähmettyy.

b) höyrystymislämpö?

Höyrystymislämpö kertoo, kuinka paljon energiaa kuluu, kun kilogramma ainetta höyrystyy, tai vastaavasti, kuinka paljon energiaa vapautuu, jos kilogramma ainetta nesteytyy.

2.17 Kuinka paljon vapautuu energiaa, kun 100 kg 0 °C:n lämpöistä vettä jäätyy?

$m = 100$ kg

$s = 333$ kJ/kg

Energia saadaan lausekkeesta $Q = sm$. Sijoitetaan lukuarvot.

$$Q = sm = 333\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 100\ \text{kg} = 33300\ \text{kJ} = 33{,}300\ \text{MJ} \approx 33\ \text{MJ}$$

Vastaus:

Energiaa vapautuu 33 MJ.

2.18 Onko väite tosi? Korjaa virheelliset väitteet.

a) 20 °C on yhtä korkea lämpötila kuin 273 K.

Epätosi. 20 °C on kelvineinä (20 +273,13) K = 293,13 K.

b) Teräs ja betoni lämpölaajenevat samalla tavoin.

Tosi

c) Matin saunan kiukaan lämpökapasiteetti on suurempi kuin Maijan kiukaan. Matin kiukaan lämpötila nousee siis vähemmän kuin Maijan kiukaan, kun kiukaisiin tuodaan sama määrä lämpöenergiaa

Tosi. Lämpökapasiteetin C, sitoutuvan (vapautuvan) energian Q ja lämpötilan muutoksen Δt välillä on yhteys $Q = C \cdot \Delta t$. Siten jos lämpökapasiteetti C kasvaa, lämpötilan muutos Δt pienenee, koska tuotu lämpömäärä on sama.

d) Veden ominaislämpökapasiteetti on suurempi kuin etanolin.

Tosi

2.19 Pitääkö paikkansa, että perunat kypsyvät kattilassa sitä nopeammin, mitä kovemmin vesi kiehuu?

Ei välttämättä pidä paikkansa, sillä vesi kiehuu sata-asteisena. Vaikka levy olisi suuremmalla asennolla, vesi ei lämpene kiehumispistettä korkeammaksi. Jos aletaan lämmittää kylmää vettä, vesi tietysti aluksi saavuttaa nopeammin kiehumispisteen ja alkaa kiehua.

2.20 Virtasten perhe lämmittää omakotitalonsa polttoöljyllä ja Koskisten perhe puulla. Molempien talojen vuotuinen lämpöenergian tarve on 60 000 MJ. Koivukuution massa on noin 40 kg.

a) Kuinka paljon Virtasilla kuluu polttoöljyä vuodessa, jos lämmityksen hyötysuhde on 75 %?

Lämpöarvo on

$H = \frac{Q}{m}$, josta ratkaistaan massa m

$$H = \frac{Q}{m} \Big| \cdot m$$

$$Hm = Q \Big| : H$$

$$m = \frac{Q}{H}$$

Q = 60 000 MJ

$H_{\text{öljy}}$ = 40 MJ/kg (kirjan taulukosta)

Koska lämmityksen hyötysuhde on 75 %, todellinen lämpöarvo on

$$H_{\text{öljy,t}} = 0,75 \cdot 40 \ \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} = 30 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

Öljyä kuluu siis

$$m = \frac{Q}{H} = \frac{60000 \text{ MJ}}{30 \ \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} = 2000 \text{ kg}$$

b) Kuinka paljon Koskisilla kuluu polttopuuta (koivu), jos puulämmityksen hyötysuhde on 55 %?

Puun lämpöarvo on H_{puu} = 15 MJ/kg ja hyötysuhde 55 %.

Koska lämmityksen hyötysuhde on 55 %, todellinen lämpöarvo on

$$H_{\text{puu,t}} = 0{,}55 \cdot 15 \ \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} = 8{,}25 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

Puuta kuluu siis

$$m = \frac{Q}{H} = \frac{60000 \text{ MJ}}{8{,}25 \ \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} \approx 7273 \text{ kg} \ \approx \ 7300 \text{ kg}$$

c) Selvitä molempien polttoaineiden hinnat ja laske lämmityksen vuosilasku.

Yksi kuutiometri puita on massaltaan noin 400 kg. Puuta kuluu silloin 7 273/400 kuutiometriä eli noin 18 kuutiometriä. Yksi koivukuutio maksaa noin 60 euroa. Vuosikustannus on siten 18 · 60 euroa = 1 080 euroa eli noin 1 100 euroa.

Polttoöljyn hinta on noin 1,1 euroa litralta. Polttoöljyn tiheys on noin 0,9 kg/litra. Siten öljyä kuluu 2 000/0,9 litraa = 2 200 litraa.

Vuosihinnaksi tulee siis 1,1 · 2 200 euroa = 2 420 euroa eli noin 2 400 euroa.

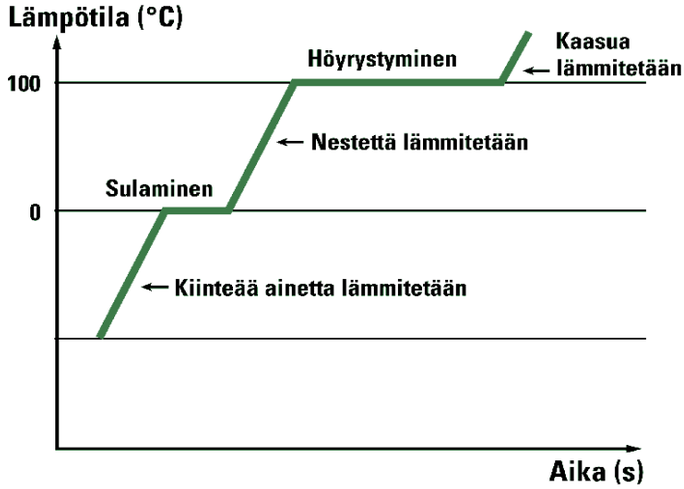
2.21 Seinämän U-arvo on 0,17 W/Km^2. Mitä luku 0,17 tarkoittaa?

Luku 0,17 kertoo, että jos seinämän pintojen välinen lämpötilaero on yhden asteen ja seinämän pinta-ala yksi neliömetri, seinämän läpi kulkee joka sekunti 0,17 joulea energiaa.

2.22 Miksi sulamislämmön yksikkö on $\frac{J}{kg}$ (tai kJ/kg) eikä $\frac{J}{°Ckg}$?

Sulamislämmön yksikkö kertoo, kuinka paljon energiaa kuluu kilogrammaa kohti. Jos jakajassa olisi vielä aste, se kertoisi myös, kuinka paljon energiaa kuluu, kun aine lämpenee (tai jäähtyy) yhden asteen.

2.23 Kuvassa esitetään erään aineen lämpötilaa ajan funktiona, kun aineeseen tuodaan vakioteholla energiaa.



a) Miksi Sulaminen-kohdassa on vaakasuora osa?

Kaikki energia kuluu sulattamiseen (aineen rakenteen muuttamiseen kiinteästä nesteeksi), jolloin vesi ei lämpene.

b) Missä kuvaajan kohdassa on aineen kiehumispiste?

Kohdassa Höyrystyminen

c) Miksi Kiinteää ainetta lämmitetään -kohta on nouseva suora?

Aineen lämmityksessä lämpötila nousee.

2.24 a) Kuinka paljon tarvitaan energiaa, kun pyykkiä kuivuu sisällä narulla. Pyykistä haihtuu yhteensä 1 kg vettä.

$m = 1$ kg

$r = 2\,260$ kJ/kg

Energia saadaan lausekkeesta $Q = rm$. Sijoitetaan lukuarvot.

$$Q = rm = 2260\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 1 \text{ kg} = 2260 \text{ kJ} = 2{,}260 \text{ MJ} \approx 2{,}3 \text{ MJ}$$

Vastaus:

Energiaa kuluu 2,3 MJ.

b) Pyykkiä kuivatetaan mainitulla tavalla kerran viikossa. Jos energia tulee sähköpattereista, kuinka paljon vuoden pyykkien kuivatus maksaa? Energian hinta on 0,10 €/kWh.
Vuodessa on viikkoja useimmiten 52 kappaletta.

Vuodessa energiaa kuluu siten

$52 \cdot 2\,260$ kJ = 117 520 kJ.

Kilojoulen ja kilowattitunnin yhteys

$$1 \text{ kJ} = \frac{1}{3600} \text{ kWh}$$

Siten energiaa kuluu

$$\frac{1}{3600} \cdot 117520 \text{ kWh} = 32{,}64444 \text{ kWh} \approx 32{,}6 \text{ kWh}$$

Jos hinta on 0,10 €/kWh, pyykin kuivatus maksaa $0{,}10 \cdot 32{,}6$ euroa = 3,26 euroa ≈ 3,3 euroa.

Vastaus:

Kuivaus maksaa 3,3 euroa.

2.25 Painemittari näyttää auton renkaassa olevan ilman ylipaineen. Ennen ajoa mittarin lukema on 15 °C:n lämpötilassa 0,17 MPa. Kuinka suuri on paineen muutos ajon jälkeen, kun mittarin lukema on noussut 0,21 MPa:iin?

Paineen muutos on 0,21 MPa – 0,17 MPa = 0,04 MPa.

Vastaus:

Paineen muutos on 0,04 MPa.

2.26 Vertaa hydrostaattisia paineita pisteissä A, B, C ja D.

Paine riippuu vain syvyydestä. Pisteissä A ja B on sama paine. Pisteissä C ja D on myös sama paine, joka on pienempi kuin pisteissä A ja B.

2.27 Vedyllä on korkea lämpöarvo. Etsi internetistä tietoa vedyn käytöstä polttoaineena. Missä sitä käytetään? Miten vetyä valmistetaan polttoaineeksi? Mitä ongelmia ja hyötyjä vedyn käytössä on?

Ei mallivastausta.

2.28 Puupellettien käyttö polttoaineena on lisääntynyt. Etsi internetistä tietoa pellettien valmistuksesta ja käytöstä polttoaineena.

Ei mallivastausta.

2.29 Mittaa huoneen lämpötila yläosassa ja alaosassa. Onko lämpötiloissa eroa? Mistä mahdollinen ero voi johtua?

Ei mallivastausta.

2.30 Laita tyhjään jogurttipurkkiin vettä ja toiseen ruokaöljyä. Laita purkit pakasteeseen. Odota, kunnes molemmat ovat muuttuneet kiinteiksi. Miten vesi ja öljy käyttäytyvät pakastuksessa?

Ei mallivastausta.

2.31

a) Ota sama määrä kuumaa ja kylmää vettä ja sekoita ne yhteen. Mittaa loppulämpötila.

b) Ota kuumaa vettä kaksi kertaa niin paljon kuin kylmää vettä ja sekoita ne yhteen. Mittaa jälleen lämpötilat

Ei mallivastausta.

2.32 Täytä kaksi tyhjää 0,5 litran juomapulloa kuumalla vedellä. Mittaa veden lämpötila. Laita toisen pullon ympärille eristystä, vaikkapa kaulahuivi. Tutki, miten veden jäähtyminen astiassa riippuu eristyksestä.

Ei mallivastausta.

2.33 Kasta pumpulitukko veteen (kynsilakanpoistoaineeseen tai spriihin) ja kiedo pumpuli lämpömittarin säiliön tai lämpötilaanturin ympärille kuminauhan avulla. Heiluttele lämpömittaria. Mitä huomaat? Selitä ilmiö.

Ei mallivastausta.

3.1 a) Yhdistä suure ja yksikkö viivoilla.

Suure	**Yksikkö**
Sähkövirta	W
Jännite	A
Teho	V

b) Yhdistä suure ja tunnus viivoilla.

Suure	**Tunnus**
Sähkövirta	*I*
Jännite	*P*
Teho	*U*

3.2 Yhdistä sanat lauseiksi ja kirjoita ne vastausviivoille.

Sähkövirta on varausten liikettä.

Tehon suuruuteen vaikuttaa jännite.

Resistanssi vaikuttaa sähkövirran suuruuteen.

3.3 Onko väite tosi? Korjaa väärät väittämät.

a) Sähkövirran yksikkö on ampeeri.

Tosi

b) Resistanssi saadaan jakamalla sähkövirta jännitteellä.

Epätosi. Resistanssi saadaan jakamalla jännite sähkövirralla.

c) Sähkön tehoon vaikuttaa komponentin sähkövirta.

Tosi

d) Muuntajan toiminta perustuu induktioon.

Tosi

3.4 Täydennä lauseet sanoilla: ”teho”, ”kertomalla”, ”jännite”, ”sähkövirta” ja ”resistanssi”.

a) Tehon suuruuteen vaikuttaa **jännite**.

b) Jos jännite on 10 V ja **sähkövirta** 1 A, **resistanssi** on 10 ohmia.

c) **Teho** saadaan **kertomalla** jännite ja sähkövirta.

3.5 Mainitse tilanteita, joissa olet havainnut hankaussähköä.

Esimerkiksi hiuksien kampaaminen ja keinotekoisesta aineesta valmistetun vaatteen riisuminen

3.6

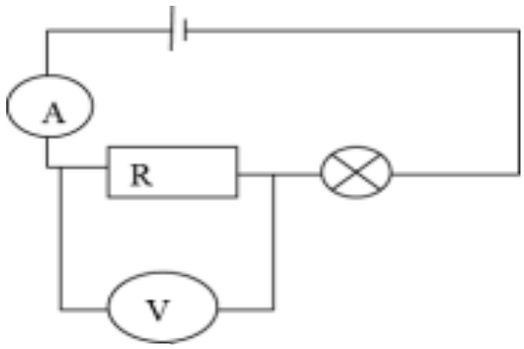
a) Miten virtamittari kytketään?

Virtamittari kytketään sarjaan sen komponentin kanssa, jonka kautta kulkevaa sähkövirtaa halutaan mitata.

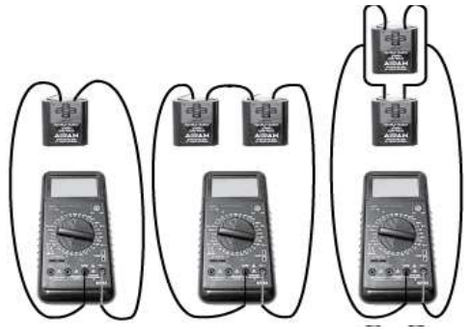
b) Miten jännitemittari kytketään?

Jännitemittari kytketään rinnan sen laitteen tai komponentin kanssa, jonka jännitettä halutaan mitata.

c) Jäljennä oheinen piirikuva. Täydennä kuvaan virtamittari mittaamaan sähkövirtaa vastuksessa ja jännitemittari mittaamaan vastuksen jännitettä.

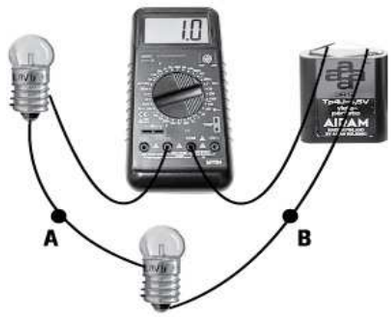


3.7 Samanlaisia paristoja kytkettiin alla olevien kuvien mukaisesti. Missä tilanteessa jännitemittari näyttää suurinta arvoa?



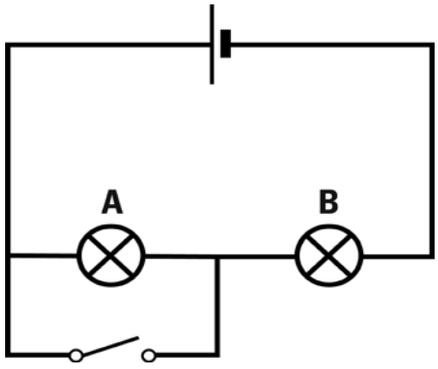
Jännitemittari näyttää suurinta arvoa kohdassa B, sillä siinä jännitelähteet on kytketty sarjaan.

3.8 Kuvan tilanteessa virtamittari näyttää lukemaa 1,0 A. Mitä arvoa virtamittari likimäärin näyttäisi, jos se siirrettäisiin kohtaan A tai B?



Koska kyseessä on sarjaankytkentä, lukema olisi sama eli 1,0 A.

3.9 Suljet oheisen piirin kytkimen.



a) Mitä tapahtuu lampun A kirkkaudelle?

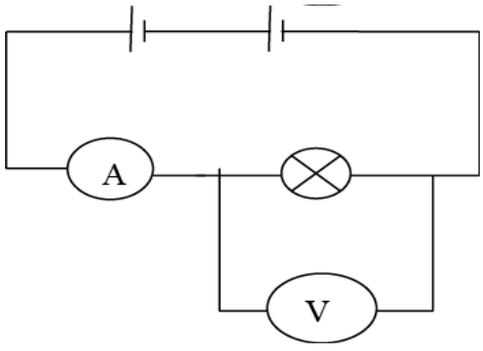
Lamppu A himmenee, sillä sen kautta ei kulje enää juuri lainkaan sähkövirtaa. Kaikki virta kulkee kytkimen kautta.

b) Mitä tapahtuu lampun B kirkkaudelle?

Lamppu B kirkastuu, koska nyt sille tulee koko jännite.

3.10 Käytettävissä on kaksi AA-sormiparistoa (jännite 1,5 V), polttimo, johtimia, virtamittari ja jännitemittari.

a) Piirrä kytkentäkaavio, jossa paristot on kytketty sarjaan ja polttimo paristojen kanssa sarjaan. Piirrä lisäksi virtamittari mittaamaan polttimon virtaa ja jännitemittari polttimon jännitettä.



b) Kuinka suuri on jännitemittarin lukema likimäärin?

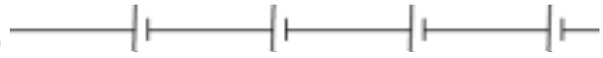
Koska kaksi 1,5 V:n paristoa on kytketty sarjaan, kokonaisjännite on 3 V. Koska ei ole muita komponentteja kuin lamppu, jännitemittari näyttää lukemaa 3 V.

c) Miksei virtamittarin lukemaa voi päätellä?

Virtamittarin lukemaa ei voi päätellä, koska ei tunneta polttimon resistanssia.

3.11 Käytettävissä on neljä AA-sormiparistoa. Piirrä kytkentäkaavio näiden paristojen kytkennästä, jossa kokonaisjännite on a) 4,5 V, b) 6,0 V ja c) 1,5 V.

a)

b) 

c)

3.12 Sähkölämmittimen vastus on 50 Ω. Kuinka suuri sähkövirta on vastuksessa, kun lämmitin kytketään 230 V:n jännitteeseen?

$R = 50\ \Omega$, $V = 230\ \text{V}$

Resistanssi on

$$R = \frac{U}{I}$$

Ratkaistaan sähkövirta I.

$$R = \frac{U}{I} \Big| \cdot I$$

$$RI = U \Big| : R$$

$$I = \frac{U}{R}$$

Sijoitetaan lukuarvot.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230\ \text{V}}{50\ \Omega} = 4{,}6\ \text{A}$$

Vastaus:

Sähkövirta on 4,6 A.

3.13 Kuinka suuri jännite on kytkettävä 300 Ω:n vastukseen, jotta siinä olisi 0,2 A:n sähkövirta?

$R = 300\ \Omega$, $I = 0{,}2\ \text{A}$

Resistanssi on

$$R = \frac{U}{I}$$

Ratkaistaan jännite U.

$$R = \frac{U}{I} \Big| \cdot I$$

$$RI = U$$

Sijoitetaan lukuarvot.

$$U = RI = 300\ \Omega \cdot 0{,}2\ \text{A} = 60\ \text{V}$$

Vastaus:

Jännite on 60 V.

3.14 Lämmitinvastus kytketään 230 V:n jännitteeseen. Kuinka suuri on sen resistanssi, jos siinä on 3,2 A:n sähkövirta?

$I = 3{,}2\ \text{A}$, $V = 230\ \text{V}$

Resistanssi on

$$R = \frac{U}{I}$$

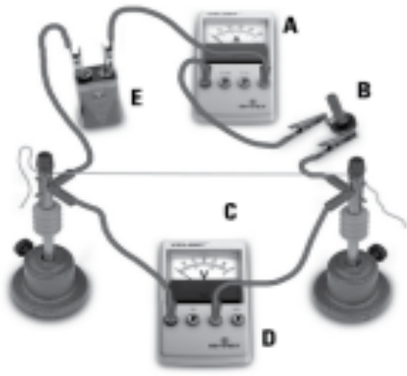
Sijoitetaan lukuarvot.

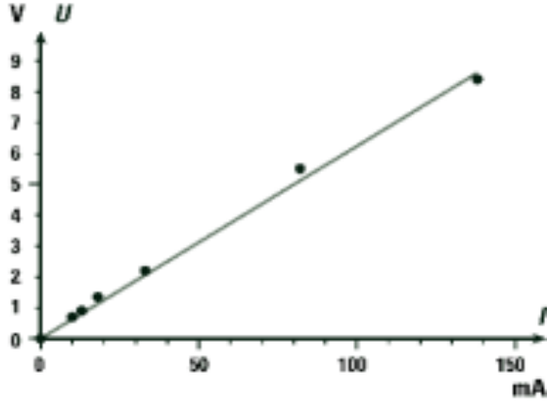
$$R = \frac{U}{I} = \frac{230\ \text{V}}{3{,}2\ \text{A}} = 71{,}875\ \Omega \approx 72\ \Omega$$

Vastaus:

Resistanssi on 72 Ω.

3.15 Kuva esittää mittausjärjestelyä, jossa tutkittiin metallisen johtimen sähkövirran riippuvuutta jännitteestä.





a) Nimeä koelaitteiston osat A, B, C, D ja E.

A = virtamittari, B = kytkin, C = vastuslanka, D = jännitemittari, E = paristo (jännitelähde).

Kuvaaja esittää mittaustuloksia. Vastaa kuvaajan perusteella seuraaviin kysymyksiin:

b) Kuinka suuri jännite oli, kun sähkövirta oli 50 mA? Kuinka suuri resistanssi tällöin oli?

Kuvaajan mukaan jännite on noin 3,1 V. Resistanssi on silloin

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3{,}1\ \text{V}}{50\ \text{mA}} = \frac{3{,}1\ \text{V}}{0{,}050\ \text{A}} = 62\ \Omega$$

c) Kuinka suuri sähkövirta oli, kun jännite oli 7,0 V? Kuinka suuri resistanssi tällöin oli?

Sähkövirta on kuvaajan mukaan noin 112 mA. Resistanssi on silloin

$$R = \frac{U}{I} = \frac{7{,}0\ \text{V}}{112\ \text{mA}} = \frac{7{,}0\ \text{V}}{0{,}112\ \text{A}} = 62{,}5\ \Omega \approx 63\ \Omega$$

d) Miten jännite ja sähkövirta riippuvat toisistaan?

Koska resistanssit ovat likimäärin samat, jännite ja sähkövirta riippuvat toisistaan suoraviivaisesti. Kun toinen kasvaa, toinenkin kasvaa samassa suhteessa.

3.16 Oheinen taulukko esittää resistanssimittausta. Osa mittaustuloksista on hävinnyt. Päättele niiden arvot.

Arvot voidaan päätellä siitä, että $U = RI$.

U (V)	I (A)	R (Ω)
2	0,01	200
4	0,02	200
6	0,03	200
1	0,005	200

3.17 Kuinka suuri sähkövirta on 9,0 V:n jännitteeseen kytketyssä polttimossa, jos sen teho on 10,2 W?

$U = 9{,}0$ V, $P = 10{,}2$ W

Teho on

$$P = UI$$

Ratkaistaan sähkövirta.

$$P = UI \,|:U$$

$$\frac{P}{U} = I$$

Sijoitetaan lukuarvot.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{10{,}2\ \text{W}}{9{,}0\ \text{V}} = 1{,}1333\ \text{A} \approx\ 1{,}1\ \text{A}$$

Vastaus:

Sähkövirta on 1,1 A.

3.18 Kuinka suuri resistanssi on kiukaassa, jos sen teho on 3,5 kW? Kiuas kytketään 230 V:n jännitteeseen.

$P = 3{,}5$ kW, $U = 230$ V

Lasketaan ensin sähkövirta.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{3{,}5\ \text{kW}}{230\ \text{V}} = \frac{3500\ \text{W}}{230\ \text{V}} = 15{,}21739\ \text{A} \approx 15{,}2\ \text{A}$$

Resistanssi on

$$R = \frac{U}{I} = \frac{230\ \text{V}}{15{,}21739\ \text{A}} = 15{,}1143\ \Omega \approx 15\ \Omega$$

Vastaus:

Resistanssi on 15 Ω.

3.19 Onko väite tosi? Korjaa väärät väitteet.

a) Komponentin resistanssi saadaan kertomalla jännite ja sähkövirta.

Epätosi. Resistanssi saadaan jakamalla jännite sähkövirralla.

b) Sähkömagneetin voimakkuus kasvaa, kun sähkövirta kasvaa.

Tosi.

c) Laitteen teho saadaan yhtälöstä $P = UI$, jossa U on jännite ja I resistanssi.

Epätosi. Yhtälössä I on sähkövirta.

d) Sähköenergian yksikkö on kWh.

Tosi. Useimmiten sähköenergian yksikkönä käytetään kWh:ta. Yksikkönä voi olla myös SI-järjestelmän energian yksikkö J (joule).

3.20 Täydennä taulukko.

Suure	Suureen tunnus	Yksikkö	Yksikön lyhenne
Sähkövaraus	Q	coulombi	C
Sähkövirta	I	ampeeri	A
Jännite	U	voltti	V
Resistanssi	R	ohmi	Ω
Teho	P	watti	W
Energia	E	kilowattitunti	kWh

3.21

a) Mitä tarkoittaa induktio?

Induktio tarkoittaa ilmiötä, jossa muuttuva magneettikenttä indusoi (synnyttää) jännitteen johtimeen.

b) Missä sitä sovelletaan?

Induktiota sovelletaan esimerkiksi muuntajassa, induktiivisessa kytkennässä.

3.22 Onko väite tosi? Perustele.

a) Muuntaja muuntaa vaihtojännitteen tasajännitteeksi.

Epätosi. Muuntaja muuntaa vaihtojännitteen suuremmaksi tai pienemmäksi.

b) Muuntajan ensiöpuolen jännite on kaksi kertaa niin suuri kuin toisiopuolen jännite.

Epätosi. Jännite ei välttämättä ole kaksinkertainen, vaan se riippuu kierrosluvuista.

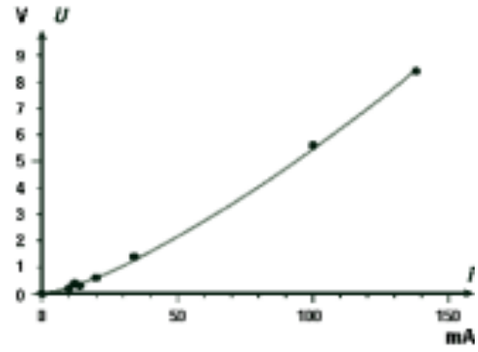
c) Puhelimen laturissa on muuntaja.

Tosi

3.23 Millaisissa tilanteissa saattaa syntyä sähkötapaturman vaara? Miten vaaralta voidaan estyä kyseisessä tilanteessa?

Sähkötapaturma voi tulla, jos sähköjohto on kulunut rikki. Onkin syytä aina varmistaa, että johdot ovat ehjiä.

3.24 Kuva esittää mittausjärjestelyä, jossa tutkittiin hehkulampun sähkövirran riippuvuutta jännitteestä.



Kuvaaja esittää mittaustuloksia. Vastaa kuvaajan perusteella,

a) kuinka suuri jännite oli, kun sähkövirta oli 50 mA. Kuinka suuri resistanssi tällöin oli?

Kuvaajan mukaan jännite on noin 2,0 V. Resistanssi on silloin

$$R = \frac{U}{I} = \frac{2{,}0\ \text{V}}{50\ \text{mA}} = \frac{2{,}0\ \text{V}}{0{,}050\ \text{A}} = 40\ \Omega$$

Vastaus:

Resistanssi on 40 Ω.

b) kuinka suuri sähkövirta oli, kun jännite oli 7,0 V. Kuinka suuri resistanssi tällöin oli?

Sähkövirta on kuvaajan mukaan noin 120 mA. Resistanssi on silloin

$$R = \frac{U}{I} = \frac{7{,}0\ \text{V}}{120\ \text{mA}} = \frac{7{,}0\ \text{V}}{0{,}120\ \text{A}} = 58{,}333\ \Omega \approx 58\ \Omega$$

Vastaus:

Resistanssi on noin 58 Ω.

c) miten jännite ja sähkövirta riippuvat toisistaan.

Koska resistanssit eivät ole samat, jännite ja sähkövirta eivät riipu toisistaan suoraviivaisesti. Kun sähkövirta kasvaa, jännite kasvaa nopeammin.

3.25 Auton lohkolämmittimen teho on 1 000 W. Lämmitintä käytetään lokakuun alusta maaliskuun loppuun joka päivä 2 h. Kuinka paljon lämmitys maksaa, kun sähköenergian hinta on 0,10 €/kWh?

P = 1 000 W, päivittäinen käyttöaika 2 h lokakuusta maaliskuun loppuun ja päiviä yhteensä 31 + 30 + 31 + 31 + 28 + 31 = 182

$$E = Pt = 1\,000 \text{ W} \cdot 2 \cdot 182 \text{ h} = 364 \text{ kWh}$$

Hinta on silloin 364 · 0,10 euroa = 36,4 euroa ≈ 36 euroa.

Vastaus:

Lämmitys maksaa yhteensä noin 36 euroa.

3.26 Jääkaappi kuluttaa keskimäärin 0,9 kWh vuorokaudessa. Kuinka paljon sen käyttö maksaa vuodessa, kun sähköenergian hinta on 0,10 €/kWh?

Vuodessa on päiviä yhteensä 365, joten kokonaiskulutus on
365 · 0,9 kWh = 328,5 kWh.

Hinta on silloin 328,5 · 0,10 euroa = 32,85 euroa ≈ 33 euroa.

Vastaus:

Jääkaapin käyttäminen maksaa yhteensä noin 33 euroa.

3.27 Grillijuhlissa tarvittiin mahdollisimman monta grilliä yhtä aikaa. Kuinka monta 2 000 W:n grilliä voitiin kytkeä pistorasiaan, jossa oli 16 A:n sulake. Käyttöjännite on 230 V.

P = 2 000 W, U = 230 V, maksimisähkövirta on I = 16 A.

Maksimiteho, joka voidaan verkosta ottaa, on

$$P = UI = 230 \text{ V} \cdot 16 \text{ A} = 3\,680 \text{ W}$$

Koska yhden grillin teho on 2 000 W, voidaan käyttää vain yhtä grilliä.

Vastaus:

Vain yksi grilli

3.28 Opiskelija silitti vaatteitaan ja kuunteli samalla radiota. Silitysrauta ja radio oli kytketty samaan pistorasiaan. Radion sähkövirta oli 0,7 A ja silitysraudan 3,5 A.

$I_r = 0{,}7$ A, $I_s = 3{,}5$ A, $U = 230$ V

a) Laske laitteiden tehot. Pistorasiassa oli 230 V:n jännite.

Radion teho on

$P_r = UI_r = 230\ \text{V} \cdot 0{,}7\ \text{A} = 161\ \text{W} \approx 160\ \text{W}$

Silitysraudan teho on

$P_s = UI_s = 230\ \text{V} \cdot 3{,}5\ \text{A} = 805\ \text{W} \approx 810\ \text{W}$

Vastaus:

Radion teho on 160 W ja silitysraudan teho 810 W.

b) Kuinka suuri sähkövirta pistorasiassa on?

Koska laitteet kytketään pistorasiaan rinnan, sähkövirta on laitteiden sähkövirtojen summa eli 0,7 A + 3,5 A = 4,2 A.

Vastaus:

Sähkövirta on 4,2 A.

c) Kuinka suuria laitteiden resistanssit ovat?

Resistanssit ovat

Radio:

$$R_r = \frac{U}{I_r} = \frac{230\ \text{V}}{0{,}7\ \text{A}} = 328{,}5714\ \Omega \approx 330\ \Omega$$

Silitysrauta:

$$R_s = \frac{U}{I_s} = \frac{230\ \text{V}}{3{,}5\ \text{A}} = 65{,}71429\ \Omega \approx 66\ \Omega$$

Vastaus:

Radion resistanssi on 330 Ω ja silitysraudan 66 Ω.

3.29 Hiustenkuivaimen teho on 1 000 W.

a) Kuinka paljon sähköenergiaa kuluu, kun hiustenkuivainta käytetään 5 minuuttia?

$P = 1\,000$ W, $t = 5$ min = (5/60) h = 0,0833 h. Energiaa kuluu

$E = Pt = 1\,000\ \text{W} \cdot 0{,}0833\ \text{h} = 0{,}0833\ \text{kWh}$

b) Kuinka paljon kuivaus maksaa, jos 1 kWh:n hinta on 12 senttiä.

Hinta on silloin

$$0{,}0833\ \text{kWh} \cdot 0{,}12 \frac{€}{\text{kWh}}$$

= 0,009996 euroa ≈ 0,01 euroa = 1 sentti.

3.30 Lieden keittolevyn teho on 1 500 W. Puuroa keitetään kymmenen minuuttia. Kuinka paljon lämpöenergiaa siirtyy puuroon, jos hyötysuhde on 67 %?

P = 1 500 W, t = 10 min = (10/60) h = 0,1667 h. Koska energian siirrossa tulee hävikkiä ja hyötysuhde on η = 67 % = 0,67, täytyy energia kertoa hyötysuhteella. Puuroon siirtyvä energia on siten

$$E = \eta Pt = 0{,}67 \cdot 1\,000 \text{ W} \cdot 0{,}1667 \text{ h} = 0{,}1117 \text{ kWh} \approx 0{,}1 \text{ kWh}$$

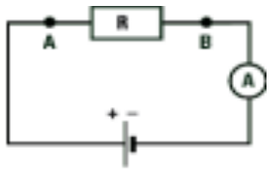
Vastaus:

Energiaa siirtyy 0,1 kWh.

3.31 Pohdi, mitä käytännön sovelluksia sähkömagneeteilla on.

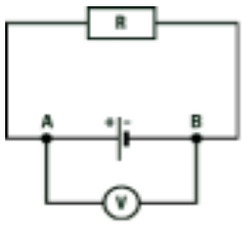
Sähkömagneetteja käytetään nostureissa, releissä ja magneettiventtiileissä.

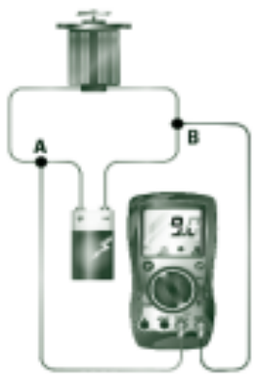
3.32 Mitataan yleismittarilla sähkövirtoja. Rakenna kuvan mukainen kytkentä jännitelähteestä ja polttimosta. Piirin sähkövirta saadaan mitatuksi, kun virtamittari kytketään sarjaan polttimon kanssa. Muuta jännitettä ja tarkastele virtamittarin lukemaa.



Ei mallivastausta.

3.33 Mitataan yleismittarilla jännitteitä. Kytke yleismittari jännitelähteeseen rinnan. Mittaa jännite.





Ei mallivastausta.

3.34 Mittaa tehomittarilla eri laitteiden tehoja. Jos laite ilmoittaa myös sähkövirran ja jännitteen, mittaa myös ne. Vertaa laskettua tehoa mitattuun tehoon.

Ei mallivastausta.

3.35 Etsi esimerkiksi internetistä tietoa siitä, mitä sähkölaitteiden korjaus- ja asennustöitä laitteen käyttäjä (ei-ammattilainen) saa tehdä.

Jokamiehen sähkötöistä kerrotaan esimerkiksi osoitteessa

http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/aiotko_tehda_sahkotoita_kotona/fi_FI/sallitut_sahkotyot/

3.36 Etsi internetistä tietoa sähkömoottorin toiminnasta.

Tietoa saa esimerkiksi osoitteesta

http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6moottori.

4.1 Mitä kahta asiaa äänen syntyminen edellyttää?

Äänen syntymiseen tarvitaan äänilähde eli värähtelevää ääntä synnyttävä esine ja väliaine, jota pitkin ääniaallot etenevät.

4.2 Miksi ääni ei kuulu avaruudessa?

Koska siellä ei ole äänelle tarpeellista väliainetta. Avaruudessa ei ole mitään, mikä voisi värähdellä.

4.3 Mihin perustuu äänen vastaanottaminen?

Äänen vastaanottaminen perustuu ilman värähtelyn aikaansaaman ilmanpaineen vaihteluun, joka saa korvan tärykalvon värähtelemään. Kuulohermo välittää tiedon aivoihin, jossa se aistitaan äänenä.

4.4 Mitä tarkoitetaan äänen voimakkuudella?

Äänen voimakkuudella tarkoitetaan sitä, kuinka kovana jokin ääni koetaan. Kyse on havaitsijan henkilökohtaisesta eli subjektiivisesta tuntemuksesta. Äänen voimakkuutta mitataan desibeleinä (dB), joka kertoo äänen fysikaalisen voimakkuuden.

4.5 Äänen nopeus ilmassa on noin 340 m/s. Kuinka kauaksi ukkosen ääni ehtii 8 sekunnissa?

$v = 340$ m/s

$t = 8$ s

$s = ?$

Etäisyyttä, nopeutta ja aikaa sitoo toisiinsa yhtälö $s = v\,t$.

Sijoitetaan annetut arvot yhtälöön, jolloin saadaan

$$s = \frac{340\ \text{m}}{\text{s}} \cdot 8\ \text{s} = 2\,720\ \text{m} \approx 2\,700\ \text{m}$$

Vastaus:

Ukkonen ehtii 2 700 m:n päähän.

4.6 Äänen nopeus vedessä on 1 500 m/s. Kalastaja löysi kalaparven kaikuluotaimella. Kuinka syvällä kalaparvi ui, kun kaikusignaali viipyi matkalla 0,020 sekuntia?

$v = 1\ 500$ m/s

Kaikusignaali on kulkenut laitteesta kohteena olleeseen kalaparveen ja takaisin. Ilmoitettu aika on siten kokonaisaika, joten kokonaisaika on jaettava kahdella:

$$t = \frac{0{,}020\ \text{s}}{2} = 0{,}010\ \text{s}$$

$s = ?$

Etäisyyttä, nopeutta ja aikaa sitoo toisiinsa yhtälö $s = v\,t$.

Sijoitetaan annetut arvot yhtälöön, jolloin saadaan

$$s = \frac{1\,500\ \text{m}}{\text{s}} \cdot 0{,}010\ \text{s} = 15\ \text{m}.$$

Vastaus:

Kalaparvi ui 15 m:n syvyydessä (kaikuluotain laskee tällä periaatteella).

4.7 Etsi internetistä ääneen (desibeli, melu) sekä värähdys- ja aaltoliikkeeseen (mm. taajuus, pitkittäinen aaltoliike) liittyviä tehtäviä, videoita ja pelejä.

Ei mallivastausta.

4.8 Mainitse soittimia, joiden ääni perustuu jännitettyihin kieliin.

a) Millä eri tavoilla niiden kieliä käsitellään äänen synnyttämiseksi?

Kielisoittimien, kuten kitaran, bassokitaran, banjon ja mandoliinin, kieliä näppäillään plektralla. Sitä pidetään yleensä etusormen ja peukalon välissä.

b) Mihin äänen korkeuden vaihtelut perustuvat?

Mitä suurempi on värähtelijän taajuus, sitä korkeampana ääni kuullaan. Korkea ääni kuullaan kimeänä.

4.9 Etsi internetistä tietoa ja selvitä, miten ääneen perustuvia tutkimusmenetelmiä hyödynnetään lääketieteessä.

Ei mallivastausta.

6.1 Mikä on atomirakenteeltaan yksinkertaisin atomi?

Vety on rakenteeltaan yksinkertaisin atomirakenne. Siinä on vain yksi protoni ja elektroni. Neutroneja voi olla 0, 1 tai 2.

6.2 Millainen varaus on atomin

a) ytimellä

Ytimen sähkövaraus on positiivinen.

b) elektronilla?

Elektronipilvellä on negatiivinen sähkövaraus.

6.3 Miten ionisoiva säteily vaikuttaa elimistöön?

Ionisoiva säteily vaikuttaa elimistöön siten, että se irrottaa kohtaamastaan aineesta elektronin. Atomista tulee tällöin sähkövarauksellinen ioni, joka voi aiheuttaa kemiallisia muutoksia elimistössä.

6.4 Miten voidaan suojautua

a) α-säteilyltä

Ilmassa α-säteily pääsee etenemään vain muutamia senttimetrejä, joten ulkoinen alfasäteily on varsin harmitonta. Alfasäteilyn pysäyttämiseen riittää muutama paperiarkki. Elimistöön sisään päässeet alfa-aktiiviset aineet ovat haitallisia, koska hiukkasella on suuri liike-energia ja se voi aiheuttaa kudosvaurioita elimistössä.

b) β-säteilyltä

β-säteilyn pysäyttää noin 3 mm paksu alumiinilevy. Beetasäteilyn kantama ilmassa on muutaman metrin luokkaa ja kudoksessa muutama millimetri. Beetasäteily on voimakkaasti ionisoivaa säteilyä, ja se muuttaa suuntaa magneettikentässä.

c) γ-säteilyltä

γ-säteily (gammasäteily) on huomattavasti alfa- ja beetasäteilyä läpitunkevampaa. Se voi tunkeutua kudoksessa kymmeniä senttimetrejä, ja siltä suojautumiseen tarvitaan useiden senttimetrien kerros esimerkiksi lyijyä tai yksi metri betonia.

6.5 Kummasta ihmiset saavat enemmän säteilyä, luonnollisesta vai keinotekoisesta säteilystä?

Ihminen saa suurimman osan säteilystä luonnossa olevista ja maaperästä tulevista radioaktiivisista aineista.

6.6 Mistä Auringon valtava säteilyteho on peräisin?

Auringon säteilyteho on peräisin auringon sisällä olevien vedyn isotooppien, deuterium- ja tritium-ytimien yhtymisestä raskaammiksi heliumytimiksi. Samalla vapautuu valtava määrä energiaa.

6.7 Laita pieni (noin 1 mm:n) vesipisara matkapuhelimen näytölle. Näytöstä tulevan valon värit taittuvat prismassa eri tavoin. Sopivassa kulmassa katsottuna pisarassa näkyy sinistä, vihreää ja punaista.

Ei mallivastausta

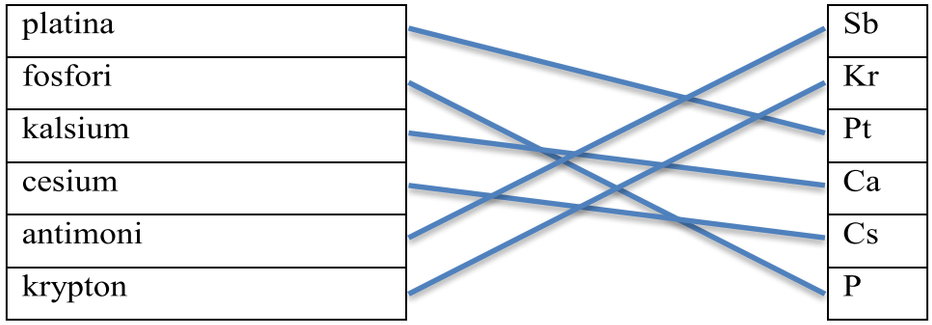
6.8 Kokeile, soiko matkapuhelin, jos se laitetaan tiiviiseen metallikattilaan.

Ei mallivastausta

7.1 Nimeä seuraavilla kemiallisilla merkeillä ilmoitetut alkuaineet.

Merkki	Alkuaineen nimi	Merkki	Alkuaineen nimi
Ba	**barium**	Rh	**rodium**
B	**boori**	Rb	**rubidium**
Br	**bromi**	Rn	**radon**
Bi	**vismutti**	Ra	**radium**

7.2 Yhdistä viivoilla alkuaineen nimi ja sen merkki.



7.3 Kirjoita sarakkeeseen, mihin jaksollisen järjestelmän ryhmiin seuraavat alkuaineet kuuluvat.

Alkuaine	Nimi	Jaksollisen järjestelmän ryhmän nimi
Ge	**germanium**	**hiiliryhmä (14)**
K	**kalium**	**alkalimetallit (1)**
Eu	**europium**	**lantanoidit**
Be	**beryllium**	**maa-alkalimetallit (2)**
Te	**telluuri**	**happiryhmä (16)**
Si	**pii**	**hiiliryhmä (14)**
Al	**alumiini**	**booriryhmä (13)**

7.4 Kirjoita sarakkeeseen, mihin jaksollisen järjestelmän ryhmiin seuraavat alkuaineet kuuluvat.

Alkuaine	Merkki	Ryhmä	Metalli, epämetalli vai puolimetalli
frankium	**Fr**	**alkalimetallit (1)**	**metalli**
boori	**B**	**booriryhmä (13)**	**puolimetalli**
vismutti	**Bi**	**typpiryhmä (15)**	**metalli**
rikki	**S**	**happiryhmä (16)**	**epämetalli**
neon	**Ne**	**jalokaasu (18)**	**epämetalli**
vety	**H**	**alkalimetallit (1)**	**epämetalli**

7.5 Ympyröi seuraavilta riveiltä ne aineet, jotka eivät kuulu joukkoon. Kirjoita viivalle, miksi ympyröimäsi aineet eivät kuulu joukkoon.

Al , Br , Cl- , Dy , Eu , Fe^{2+} , Ga	Cl^- ja Fe^{2+} ovat ioneja, kun muut ovat alkuaineita.
Fe^-. Fe^+ , Fe^{3+} , Fe^{2+}, F, F-	Fe ja F ovat alkuaineita, kun muut ovat ioneja.
Li , Cs , K , H , Rb , Ne	Neon (Ne) on jalokaasu, kun muut ovat alkalimetalleja.
Cr, Fe, Ni, Cu, Ge, Mn, Te, Pb	Ge ja Te ovat puolimetalleja, kun muut ovat metalleja.
O, S, N, Ne, Kr, H, I	Rikki (S) ja jodi (I) eivät ole kaasuja, kun muut tässä ovat.

7.6 Etsi jaksollisesta järjestelmästä seuraavien alkuaineiden merkki ja järjestysluku: molybdeeni, seleeni, kromi, kalsium, kalium, sinkki ja tina.

molybdeeni Mo (42), seleeni Se (34), kromi Cr (24), kalsium Ca (20), kalium K (19), tina Sn (50)

7.7 Luettele jaksollisen järjestelmän pääryhmät.

Ryhmä 1: alkalimetallit

Ryhmä 2: maa-alkalimetallit

Ryhmä 13: booriryhmä

Ryhmä 14: hiiliryhmä

Ryhmä 15: typpiryhmä

Ryhmä 16: happiryhmä

Ryhmä 17: halogeenit

Ryhmä 18: jalokaasut

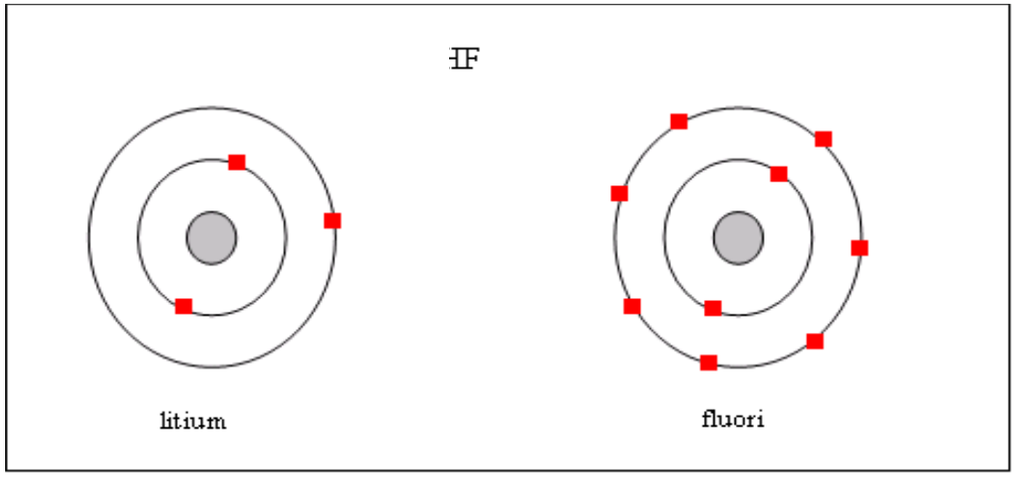
7.8 Missä jaksollisen järjestelmän kohdassa sijaitsevat elektronegatiivisuudeltaan heikoimmat alkuaineet?

Ryhmän 1 alaosassa eli alkuaineet cesium Cs ja frankium Fr.

7.9 Täydennä taulukko.

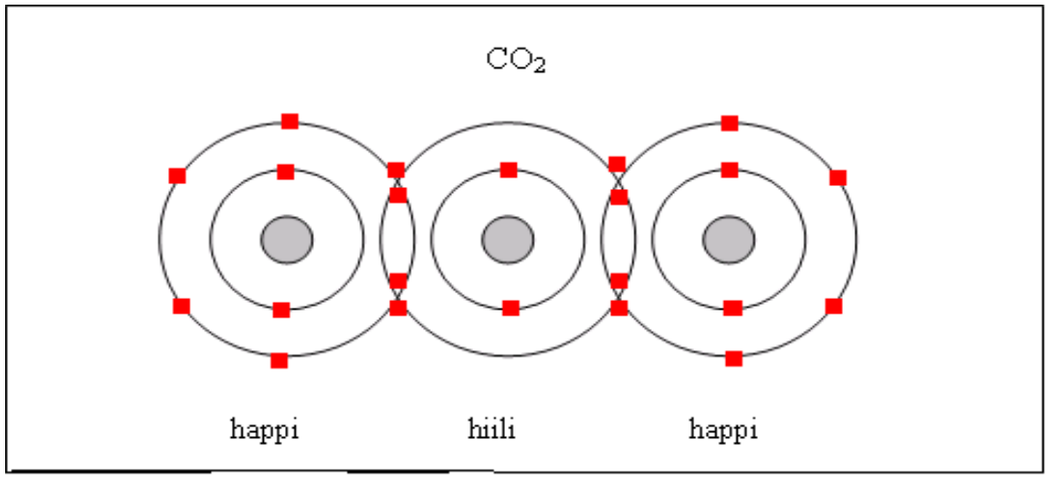
Alkuaine	Protonien määrä	Ulkoelektronien määrä	Järjestys-luku	Atomi-massa	Jakso	Ryhmä
kalsium	**20**	**2**	**20**	**40,08**	**4**	**2**
seleeni	**34**	**6**	**34**	**78,96**	**4**	**16**
rauta	**26**	**2**	**26**	**55,85**	**4**	**8**
hiili-14	**6**	**4**	**6**	**12,01**	**2**	**14**

7.10 Piirrä litiumin ja fluorin elektronirakenne. Mieti, miten niiden välille muodostuu sidos.



Sidos muodostuu siten, että litiumatomi luovuttaa ulommaiselta elektronikuoreltaan ainoan elektroninsa kokonaan fluorille, jolloin muodostuu kaksi ionia: positiivisesti varautunut kationi Li^+ ja negatiivisesti varautunut anioni F^-.

7.11 Piirrä hiilidioksidin kovalenttinen sitoutuminen hiilen ja happiatomien välillä.



Hiiliatomin ja happiatomin välille muodostuu ns. kaksoissidos (O = C = O)

7.12 Laske molekyylien elektronegatiivisuusero ja päättele sen perusteella kemiallisen sidoksen tyyppi:

a) suolahappo (HCl)	3,0 – 2,1 = 0,9	poolinen kovalenttinen sidos
b) happi (O_2)	3,5 – 3,5 = 0	kovalenttinen sidos
c) hiilimonoksidi eli häkä (CO).	3,5 – 2,5 = 1,0	poolinen kovalenttinen sidos

7.13 Etsi kymmenen epämetalliatomin ja kymmenen metalliatomin kemialliset merkit ja nimeä ne.

Epämetallit: vety H, boori B, hiili C, typpi N, happi O, fluori F, pii Si, fosfori P, rikki S, kloori Cl

Metallit: natrium Na, kalium K, titaani Ti, vanadiini V, kromi Cr, rauta Fe, nikkeli Ni, kupari Cu, sinkki Zn, kulta Au

7.14 a) Mitä eroja on kalsiumatomin ja kalsiumionin rakenteessa?

Kalsiumatomilla (Ca) elektroneja on 20 kappaletta, kun taas kalsiumionilla (Ca^{2+}) niitä on kaksi vähemmän eli 18 kappaletta.

b) Millaisia eroja puolestaan on fluoriatomin ja fluoridi-ionin rakenteiden välillä?

Fluoriatomilla (F) elektroneja on 9 kappaletta kun taas fluoridi-ionilla (F^-) niitä on yksi enemmän eli 10 kappaletta.

7.15 Ratkaise elektronegatiivisuuseron avulla, ovatko seuraavat yhdisteet ionisidoksellisia vai kovalenttisia yhdisteitä. Merkitse vastauksesi vastausviivoille.

kaliumkloridi (KCl)	3,0 – 0,8 = 2,2	ionisidos
magnesiumkloridi ($Mg(Cl)_2$)	3,0 – 1,2 = 1,8	ionisidos
hiilidioksidi (CO_2)	3,5 – 2,5= 1,0	poolinen kovalenttinen sidos
typpimonoksidi (NO)	3,5 – 3,0 = 0,5	poolinen kovalenttinen sidos

7.16 Miksi happikaasumolekyyli (O_2) on ulospäin sähköisesti neutraali, kun taas vesimolekyylillä (H_2O) on havaittavissa kaksi sähköisesti erimerkkistä päätä (dipolia)?

Happimolekyylissä on sitoutunut kaksi elektronegatiivisuudeltaan samanlaista happiatomia, jolloin niiden elektronegatiivisuusero on 3,5 – 3,5 = 0. Niiden välinen sidos on siten kovalenttinen ja sidoselektronit ovat atomien välissä yhtä kaukana molemmista atomiytimistä.

Vesimolekyylissä hapen ja vedyn välinen elektronegatiivisuusero 3,5 – 2,1 = 1,4, joten sidos on poolinen kovalenttinen sidos. Vesimolekyylissä siten elektronegatiivisempi happiatomi vetää sidoselektroneja lähemmäs omaa atomiydintään, jolloin vesimolekyylin happi saa enemmän negatiivista varausta. Vesimolekyylin vedyt puolestaan menettävät kauemmas ytimestään negatiivista varausta ja ne ovat molekyylissä positiivisemmin varautuneita.

7.17 Erään kiinteän aineen sulamispiste on 1 440 °C. Aine ei liukene veteen eikä poolittomiin nesteisiin. Se kuitenkin johtaa sähköä ja lämpöä. Onko aineen rakenneosasten välinen sidos on todennäköisimmin a) kovalenttinen b) ionisidos c) metallisidos? Perustele.

Sidos on todennäköisimmin metallisidos. Perustelu: Metallit eivät liukene helposti veteen eivätkä poolittomiin liuottimiin. Lisäksi niillä on hyvä lämmön ja sähkönjohtokyky tiiviin metallisidoksen vuoksi.

7.18 Kalsiumkloridia käytetään jäänestoon maanteillä. Kuinka on mahdollista, että samoilla aineilla saadaan aikaan matalia lämpötiloja jääseoksessa ja sulatetaan jäätä?

Kalsiumkloridin vesiliuoksen jäätymispiste on matalampi kuin veden, joten se pysyy tienpinnalla sulana, vaikka olisi hieman pakkasta. Toisaalta kalsiumkloridi liukenee, vaikka vesi sen ympärillä olisi jäätyneenä. Liukenemiseen tarvittava lämpöenergia otetaan ympäristöstä, eli jään ja kalsiumkloridin seos muodostaa kylmäseoksen, jota voidaan käyttää vaikkapa urheiluvammoja hoidettaessa.

7.19 Voisiko tulevaisuudessa olla mahdollista liittää kaikkia materiaaleja atomitasolla yhteen ilman hitsausta tai liimaa siten, että atomien välille muodostuisi uusia ioni-, kovalenttisia tai metallisidoksia?

Liittäminen onnistuu, jos pystytään muodostamaan kahden kappaleen pinnat niin sileiksi, että yhteen painettavat pinnat sopivat atomitasolla toisiinsa kuin palapelin palat toisiinsa.

7.20 Miten selvittäisit seuraavat tiedot kokeellisesti:

a) Kuinka paljon kivennäisvedessä on liuenneena suoloja?

Kivennäisvettä otetaan tarkka määrä astiaan, joka on ensin punnittu tyhjänä. Sitten haihdutetaan vesi pois ja punnitaan astiaan jääneen suolan ja astian yhteismassa. Kun yhteismassasta vähennetään tyhjän astian massa, saadaan selville kivennäisveteen liuenneiden suolojen määrä.

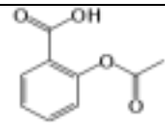
b) Kuinka paljon viherrakentamiseen käytettävässä mullassa on vettä?

Punnitaan kosteaa multaa tietty määrä. Kuivataan multa tämän jälkeen lämpökaapissa 105 °C:ssa täysin kuivaksi ja punnitaan multamäärä sen jälkeen uudelleen. Keventymän suuruus vastaa mullassa ollutta kosteutta.

c) Kummassa kahdesta jokivesinäytteestä on enemmän lietettä?

Otetaan jokivesinäytteet ja suodatetaan ne punnittujen suodatinpaperien läpi. Kuivataan suodattimille jääneet ainekset ja punnitaan ne. Enemmän lietettä on siinä jokivesinäytteessä, jonka suodos painaa enemmän.

8.1 Mitkä seuraavista yhdisteistä ovat epäorgaanisia (eo) ja mitkä orgaanisia (or)? Merkitse taulukkoon eo tai or.

Yhdiste	eo/or?	Yhdiste	eo/or?
rikkihappo H_2SO_4	**eo**	kaliumnitraatti KNO_3	**eo**
butaani $CH_3CH_2CH_2CH_3$	**or**	urea H_2NCONH_2	**or**
muurahaishappo HCOOH	**or**	ruokasooda $NaHCO_3$	**eo**
suolahappo HCl	**eo**	aspiriini 	**or**

8.2 Valettava betonimassa sisältää runsaasti vettä. Mitä vedelle tapahtuu betonin kovettuessa?

Vesi haihtuu pois massaseoksesta.

8.3 Etsi tietoa siitä, millä tavalla metalleja, kuten rautaa, alumiinia, kuparia ja nikkeliä, voidaan valmistaa kallioperästä löydetyistä malmimineraaleista.

Esimerkkejä linkeissä:

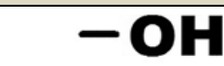
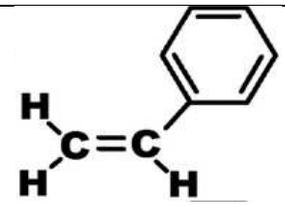
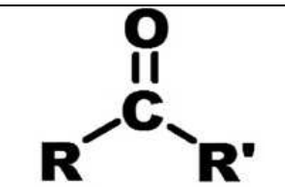
RAUTA:
http://weppi.gtk.fi/aineistot/kaivosteollisuus/Teknisenraudanvalmistus.htm

ALUMIINI:
http://teknologiateollisuus.fi/sites/default/.../jasenet_ryhmat_**alumiinit**uotteet_allu_13.pdf

KUPARI: http://weppi.gtk.fi/aineistot/kaivosteollisuus/metallienvalmistus.htm

NIKKELI:
http://www.norilsknickel.fi/fi/nikkeli/valmistus/tuotantoprosessi/?PHPSESSID=1bee8a7eb5bb317a521d67d12e6cf841

8.4 Yhdistä viivalla oikea yhdisteryhmä ja sen funktionaalinen ryhmä.

Yhdisteryhmä	funktionaalinen ryhmä
orgaaninen happo eli karboksyylihappo	
ketoni	
alkoholi	
aromaattinen orgaaninen yhdiste styreeni	

8.5 Mikä seuraavista yhdisteistä on alkoholi?

Alkoholi on yhdiste c), koska siinä hiileen liittyy OH-ryhmä. Yhdiste d) **ei ole** alkoholi, koska samaan hiileen liittyy OH-ryhmän lisäksi happi (O), jolloin yhdiste on karboksyylihappo.

8.6 Kuuluvatko seuraavat materiaalit epäorgaanisiin yhdisteisiin vai orgaanisiin yhdisteisiin?

a) muovipullo b) marmori

c) messinki d) dieselöljy

e) ulkoseinämaali f) saumauslaasti

Orgaanisia materiaaleja: muovipullo, dieselöljy, ulkoseinämaali

Epäorgaanisia materiaaleja: marmori, messinki, saumauslaasti

8.7 Mieti, millaiset kertoimet tarvitaan seuraaviin reaktioyhtälöihin, jotta sääntö ”Kummallakin puolella reaktioyhtälöä on oltava yhtä monta kappaletta kutakin alkuainetta” toteutuu:

a) $Cu + O_2 \rightarrow CuO$

Reaktioyhtälön vasemmalla puolella on yksi happiatomi enemmän kuin oikealla puolella. Lisätään kertoimet seuraavasti:

$2Cu + O_2 \rightarrow 2CuO$.

Tällöin reaktioyhtälön molemmilla puolilla on yhtä paljon kutakin alkuainetta.

b) $Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + Fe$.

Alumiinia on reaktioyhtälön vasemmalla puolella vähemmän ja rautaa puolestaan oikealla puolella vähemmän.

Lisätään kertoimet:

$2Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe$.

Näin saadaan reaktioyhtälö tasapainoon kaikkien alkuaineiden suhteen.

8.8 Mitkä ovat lähtöaineita ja reaktiotuotteita seuraavissa reaktioissa?

a) $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

lähtöaineet kalsiumoksidi (CaO) ja vesi (H_2O), reaktiotuote kalsiumhydroksidi ($Ca(OH)_2$)

b) $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

lähtöaineet propaani (C_3H_8) ja happi (O_2), reaktiotuotteet hiilidioksidi (CO_2) ja vesi (H_2O)

8.9 Miten hiiliatomi pystyy sitoutumaan orgaanisissa yhdisteissä?

Orgaanisissa yhdisteissä hiiliatomi voi muodostaa neljällä ulkoelektronillaan joko yksinkertaisia sidoksia tai kaksois- ja kolmoissidoksia, kuitenkin niin, että jokainen hiiliatomi on sitoutunut aina neljällä sidoksella.

8.10 Mitkä seuraavista ovat orgaanisia yhdisteitä? Perustele.

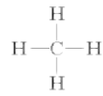
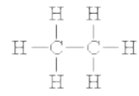
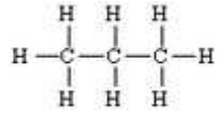
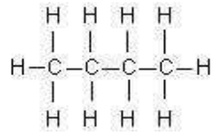
a) H_2O b) CO_2

c) C_2H_7N d) CH_3COOH

e) $CaCl_2$ f) CH_4

Orgaanisia yhdisteitä ovat molekyylit c) etyyliamiini, d) etikkahappo ja f) metaani.

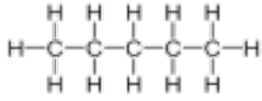
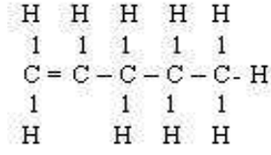
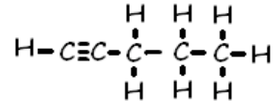
8.11 Piirrä neljän yksinkertaisimman alkaanin rakennekaavat.

Nimi	**Kaava**
metaani	
etaani	
propaani	
butaani	

8.12 Mitä eroa on alkeeneilla ja alkyyneillä?

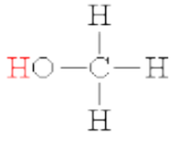
Alkeeneissa hiiliatomien välillä esiintyy kaksoissidos, esimerkiksi buteeni. Alkyyneissä taas hiiliatomien välillä esiintyy kolmoissidos, esimerkiksi etyyni.

8.13 Piirrä seuraavat rakennekaavat:

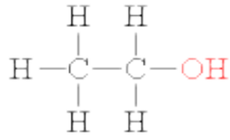
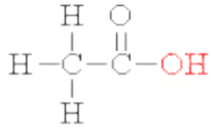
a) pentaani	b) penteeni	c) pentyyni
		

8.14 Piirrä yksinkertaisimman alkoholin rakennekaava. Mikä yhdiste on nimeltään? Tutustu yhdisteen käyttöturvallisuustiedotteeseen internetissä.

Yksinkertaisin alkoholi on metanoli.



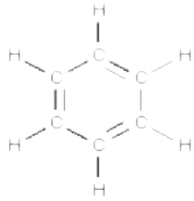
8.15 Piirrä ja vertaile etanolin ja etikkahapon rakennekaavoja. Mitä samankaltaisuutta havaitset? Entä mitä eroja rakenteissa on?

Etanoli	Etikkahappo
	
Samankaltaisuudet: Molemmissa on 2 hiiliatomia ja OH-ryhmä.	
Erot: Alkoholissa on vain OH-ryhmä. Etikkahapossa lisäksi toinen happiatomi. Hapon happoryhmä on siis –COOH.	

8.16 Mitä tarkoittaa, että alkoholi on useampiarvoinen?

Alkoholimolekyylissä on kaksi tai useampia OH-ryhmiä, jolloin sitä kutsutaan useampiarvoiseksi alkoholiksi.

8.17 Piirrä bentseenin rakennekaava. Voiko bentseenistä käyttää oheista merkintää?



Bentseenistä käytetään myös merkintää

8.18 Huoneenlämpöiseen kidevedelliseen kalsiumkloridiin $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ lisättiin huoneenlämpöistä vettä, kunnes suola liukeni. Sitten mitattiin liuoksen lämpötila. Kidevedettömään kalsiumkloridiin $CaCl_2$ lisättiin samoin vettä ja mitattiin liuoksen lämpötila.

a) Kumpi liukenemistapahtuma oli endoterminen ja kumpi eksoterminen?

Kidevedellisen kalsiumkloridin $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ liukeneminen on endoterminen ja kidevedettömän kalsiumkloridin $CaCl_2$ eksoterminen liukenemistapahtuma.

b) Miten tekniikassa voitaisiin hyödyntää kyseisiä suola-vesiseoksia?

Kidevedetön lämmittää seoksen liuetessaan, joten sitä voidaan laittaa ampulliin, joka on vedellä täytetyssä pussissa. Kun ampulli rikotaan, alkaa liukeneminen ja pussi lämpenee (esim. kädenlämmitin). Kidevedellisen suolan liukenemista taas voidaan hyödyntää kylmäpusseissa nyrjähdysten turvotuksen vähentämiseen.

8.19 Etsi oikeat kertoimet seuraaviin reaktioyhtälöihin niin, että molemmille puolille reaktionuolta tulee samat määrät kutakin alkuainetta.

a) $Zn + HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

$Zn + \mathbf{2}HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

b) $Fe + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$

$\mathbf{4}Fe + \mathbf{3}O_2 \rightarrow \mathbf{2}Fe_2O_3$

9.1 Miten merkitään aineen väkevyyttä tilavuusprosentteina? Ympyröi oikeat vastaukset.

a) wol% b) vol-% c) V-% d) til-%

Ratkaisu: b) ja d)

9.2 Merkitse rastilla, mikä seuraavista merkinnöistä tarkoittaa pitoisuutta tilavuusprosentteina.

a) väkevyys 6 mol/L

b) alc 4,6 % vol-%

c) juuston rasvaprosentti 33 p-%

d) kiviainesta asfalttibetonissa noin 90 m-%

Ratkaisu: b)

9.3 Voiko 1 tonnin painoisesta ruostumattomasta teräksestä valmistetusta esineestä ilmoittaa sen kromi- ja nikkelipitoisuudet tilavuusprosentteina?

Terässeoksen tiheys saattaa vaihdella jonkin verran, joten kromi- ja nikkelipitoisuudet kannattaa ilmoittaa massaprosentteina (m-%).

9.4 Mitkä seuraavista väittämistä ovat tosia? Perustele vastauksesi esittämällä laskelmat.

Väittämä	tosi/epätosi
Vetyperoksididesinfiointiliuos pullon merkintä 6 til-% merkitsee, että 100 millilitrassa liuosta on 0,6 ml vetyperoksidia	**epätosi**
Lejeeringistä (metallien seos) määritettiin kuparin osuus. Kuparia punnittiin olevan 20 g ja koko näytteen massa oli 470 g. Kuparia oli lejeeringissä siis noin 4,26%	**epätosi**
0,5 litraa pesuainetta sekoitettuna 7,5 litraan vettä muodostaa 6,25 til-%:n pesuaineliuoksen	**tosi**
Matti punnitsi 5 grammaa ruokasuolaa ja liuotti sen 5 litraan vettä. Tällöin liuoksen pitoisuudeksi tuli 0, 999 m-% . Veden tiheys on 1 g/ml.	**epätosi**

9.5 Maanäyte sisälsi seuraavia yhdisteitä: hiekkaa 3,9 kg, kosteutta 0,35 kg, suoloja 0,09 kg sekä orgaanista ainetta 0,95 kg. Kuinka suuri osuus näytteestä oli suoloja? Ilmoita tulos massaprosenttisuutena.

Maanäytteessä oli suoloja 1,70 m-%.

9.6 Auton lasipesunestettä oli jäänyt ylimäärin sitä valmistavassa tehtaassa. Tätä jäteliuosta oli 1400 litraa, ja se sisälsi 26 til-% etanolia. Kuinka paljon jätevedestä olisi tislaamalla erotettavissa etanolia, jos oletetaan, että kaikki etanoli on mahdollista erottaa tislaamalla?

Etanolia voitaisiin erottaa 364 litraa, jos tislauksella saadaan kaikki etanoli erotetuksi seoksesta.

9.7 Kuinka monta

a) kulta-atomia on 2 moolissa kultaa

Moolin määritelmän mukaan yhdessä moolissa on $6{,}022 \cdot 10^{23}$ kpl atomeja. Kulta-atomeja on siten 2 moolissa $2 \cdot 6{,}022 \cdot 10^{23}$ kpl = $12{,}044 \cdot 10^{23}$ kpl.

b) rauta-atomia on rautaoksidimolekyylissä (Fe_2O_3)

Rautaoksidimolekyylissa on 2 rauta-atomia.

c) happiatomia on kuparisulfaattipentahydraatissa ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)?

Kuparisulfaattipentahydraattimolekyylissä on happiatomeja 4 kpl sulfaatissa (SO_4) ja 5 kpl viidessä kidevesimolkyylissä ($5H_2O$) eli yhteensä 4 + 5 = 9 kpl.

9.8 Mikä on liuoksen pitoisuus massaprosentteina, kun 25 g ainetta on liuotettu 120 grammaan liuotinta?

Liuoksen kokonaismassaksi saadaan seuraavasti:

Koko liuoksen massa = 25 g + 120 g = 145 g.

Liuoksen pitoisuus on tällöin massaprosentteina

$$\text{m-\%} = \frac{\text{liuenneen aineen massa}}{\text{koko liuoksen massa}} \cdot 100\,\% = \frac{25\text{ g}}{145\text{ g}} \cdot 100\,\% = 17{,}24\,\%$$

9.9 15 g kaliumkloridia (KCl) liuotetaan 65 grammaan vettä. Mikä on liuoksen pitoisuus massaprosentteina?

Liuoksen kokonaismassa saadaan seuraavasti:

Koko liuoksen massa = 15 g + 65 g = 80 g.

Liuoksen pitoisuus on massaprosentteina

$$\text{m-\%} = \frac{\text{liuenneen aineen massa}}{\text{koko liuoksen massa}} \cdot 100\,\% = \frac{15\text{ g}}{80\text{ g}} \cdot 100\,\% = 18{,}75\,\%$$

9.10 11 ml etanolia sekoitetaan 150 millilitraan vettä. Mikä on liuoksen etanolipitoisuus tilavuusprosentteina?

Liuoksen pitoisuus tilavuusprosentteina on

$$\text{til-}\,\% = \frac{\text{liuenneen aineen tilavuus}}{\text{koko liuoksen tilavuus}} \cdot 100\,\% = \frac{11\,\text{ml}}{161\,\text{ml}} \cdot 100\,\% = 6{,}83\,\%$$

9.11 Lasinpesunestetiivisteen koostumus on ilmoitettu seuraavasti:

3. KOOSTUMUS JA TIEDOT AINEOSISTA		
3.1 Vaaraa aiheuttavat aineosat		
3.1.1 CAS/EY-numero ja rekisteröintinumero	3.1.2 Aineosan nimi	3.1.3 Pitoisuus
64-17-5	etanoli	50–70 %
107-21-1	1,2-etaanidioli	< 2 %
78-93-3	2-butanoni	> 2 %

Kuinka paljon 100 millilitrassa eli 1 desilitrassa on

a) etanolia millilitroina

Etanolia on 50–70 til-%, joten 100 ml:ssa on 50–70 ml etanolia.

b) 2-butanonia millilitroina?

2-butanonia on 100 ml:ssa liuosta yli 2 millilitraa.

9.12 Sekoitetaan liuokseksi 5 litraa NaOH-liuosta, jonka pitoisuus on 20 %, ja 18 litraa NaOH-liuosta, jonka pitoisuus on 8 %. Mikä on syntyneen liuoksen lipeäpitoisuus?

Pitoisuudet ovat tilavuusprosentteina. Tällöin liuoksessa 1 on NaOH:ta $0{,}20 \cdot 5\,\text{l} = 1\,\text{l}$ ja liuoksessa 2 NaOH:ta on $0{,}08 \cdot 18\,\text{l} = 1{,}44\,\text{l}$.

Koko liuoksessa on siten yhteensä $(1 + 1{,}44)\,\text{l} = 2{,}44\,\text{l}$ NaOH:ta 23 litrassa seosta.

Pitoisuus on siten

$$\text{til-}\,\% = \frac{2{,}44\,\text{l}}{23\,\text{l}} \cdot 100\,\% = 10{,}61\,\%$$

9.13 Liukoisuutta esimerkiksi veteen voidaan kuvata liukoisuuskäyrällä, jossa ilmoitetaan liukenevan aineen määrä 100 grammaa vettä kohden.

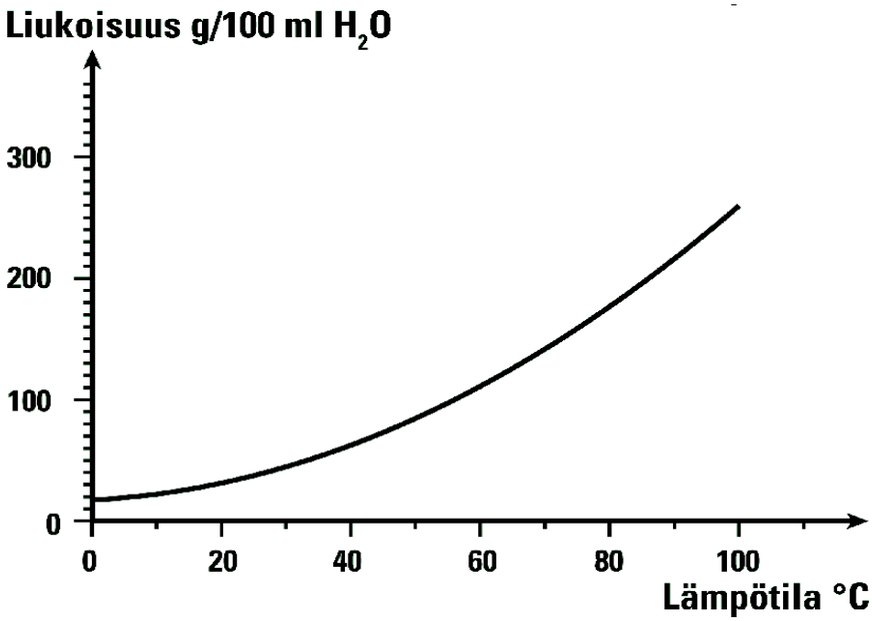
a) Kuinka paljon KNO_3:ia liukenee 60 °C:n lämpöiseen veteen?

Käyrältä voidaan lukea vaaka-akselin 60 asteen kohdalta ylös käyrään ja siitä vasemmalle. Lukema pystyakselilla on 115 g/100 g H_2O.

b) Kuinka paljon voidaan liuottaa lisää KNO_3:ia, jos liuoksen lämpötilaa kohotetaan 40 °C:sta 70 °C:seen?

Liukoisuus kohoaa 60 g/100 g H_2O arvoon 150 g/100 g H_2O, kun lämpötilaa kohotetaan 40 °C:sta 70 °C:seen.

c) Arvioi seuraavan kaliumnitraatin liukoisuuskäyrän avulla, voidaanko valmistaa 30 °C:n lämpöinen liuos, jossa on 350 g KNO_3:ia 300 grammassa vettä?



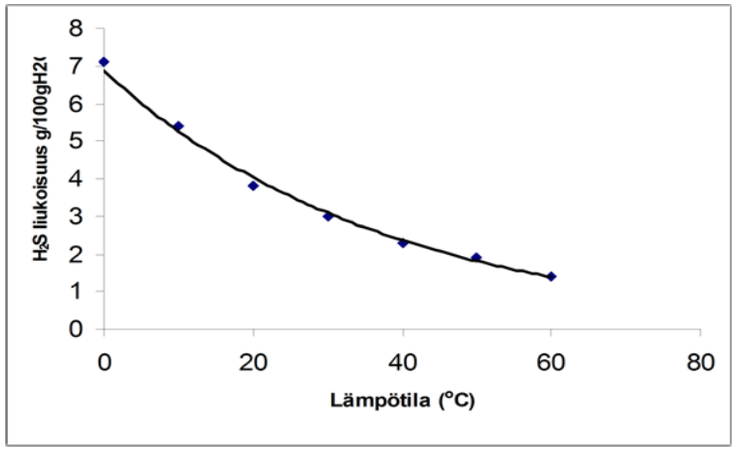
30 °C:ssa KNO_3:ia liukenee 100 g:aan vettä noin 50 g. Siten 300 g:aan voisi tässä lämpötilassa liueta $3 \cdot 50$ g = 150 g.

Vastaus: 30 °C:n lämpötilassa ei ole mahdollista liuottaa 350 g KNO_3:ia 300 g:aan vettä.

9.14 Rikkivety (H_2S) on erittäin myrkyllinen, kaasumainen yhdiste, jota voi muodostua esimerkiksisulfidimineraalien reagoidessa happojen kanssa. Rikkivety voidaan sitoa veteen, johon se liukenee jossain määrin. Seuraavassa taulukossa on rikkivedyn liukoisuusarvoja, kun sitä on liuotettu 100 grammaan vettä.

Lämpötila (°C)	Rikkivedyn (H_2S) liukoisuus kaasua grammoina / 100 grammaa vettä (H_2O)
0	7,1
10	5,4
20	3,8
30	3,0
40	2,3
50	1,9
60	1,4

a) Piirrä taulukon arvoparien perusteella käyrä ja arvioi, kuinka paljon rikkivetyä voidaan saada liukenemaan 1 000 kg:aan vettä 15° C:n lämpötilassa.



Käyrältä saadaan rikkivedyn liukoisuudeksi 100 grammaan 15 °C:n lämpöistä vettä 4,6 grammaa. Kiloon vettä liukenisi siten 10 · 4,6 g = 46 g rikkivetyä. Tällöin 1 000 kilogrammaan 15 °C:n lämpöistä vettä saadaan liukenemaan 1 000 · 46 g = 46 000 g = 46 kg rikkivetyä.

b) Miten liukoisuus muuttuu, kun lämpötila kohoaa 30 °C:seen? Onko mahdollista, että rikkivetyä irtoaa vedestä lämpötilan kohotessa? Perustele.

Rikkivedyn liukoisuus vähenee, kun veden lämpötila kasvaa. Sataan grammaan 30 °C:n lämpöistä vettä liukenee enää 3,08 g rikkivetyä. On siis mahdollista, että veden lämpötilan kohotessa 15 °C:sta 30 °C:seen siihen liuennutta rikkivetyä vapautuu ilmaan, koska vesi ei pysty sitomaan yhtä paljon rikkivetyä 30 °C:n lämpöisenä kuin 15 °C:n lämpöisenä.

10.1 Täydennä virkkeet vihjesanoilla.

Palaminen on **hapettumista**.

Ruostuessaan rauta **hapettuu.**

Galvanoinnissa sinkki **pelkistyy.**

Kun aine vastaanottaa elektroneja, on kyse **pelkistymisestä.**

Elektroninsiirtoreaktiot ovat **hapettumis-pelkistymisreaktioita.**

Sähköjohdon metallinen kupari on **pelkistetty** kupariyhdisteistä.

10.2 Mikä seuraavista on oikein? Rastita oikea vaihtoehto.

a) Hopean tummuessa se pinnoittuu oksidikerroksella eli hopea hapettuu.

b) Sähkökemiallisessa jännitesarjassa on esitetty kaikki halogeenit ja jalokaasut.

c) Kupari on jalompi metalli kuin kromi.

d) Elektrolyysikenno tuottaa sähköä samalla, kun siinä voidaan pinnoittaa metalliesineitä.

Ratkaisu: a) ja c)

10.3 Ympyröi seuraavista merkinnöistä ne aineet, jotka ovat hapettuneet, jos verrataan kyseisen aineen puhtaisiin atomeihin:

Cu , Co^{+}, Fe^{+}, Fe^{3+}, Al, Zn, Cl^{-}, $O2^{-}$, Zn^{2+}

Ratkaisu: CO^{+}, Fe^{+}, Fe^{3+} ja Zn^{2+}

10.4 Etsi tietoa eri lähteistä ja kirjoita lyhyet kuvaukset teollisista menetelmistä, joilla valmistetaan

a) rautaa

Rauta pelkistetään rautamalmirikasteesta koksin avulla masuuni-uunissa raakaraudaksi.

b) kuparia

Kuparirikasteesta kupari pelkistetään sulattamalla raakakupariksi liekkisulatusuunissa ja tämän jälkeen puhdistetaan elektrolyyttisesti sähkön avulla.

c) alumiinia.

Alumiini pelkistetään bauksiittimineraalista elektrolyysiuunissa sähkön avulla metalliseksi alumiiniksi.

10.5 Vastaa kysymyksiin.

a) Mitä tapahtuu aineen atomeille sen hapettuessa?

Aineen atomit luovuttavat elektroneja.

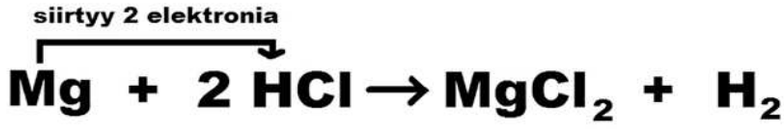
b) Mitä aineelle tapahtuu, kun se vastaanottaa elektroneja?

Aineen atomit pelkistyvät.

c) Kun halutaan pelkistää metalleja, mitä tulee reaktioon lisättävän pelkistävän aineen tehdä?

Pelkistävän aineen (eli pelkistimen) on luovutettava elektronejaan pelkistyvälle aineelle. Tällöin siis pelkistävä aine itse hapettuu.

10.6 Kun magnesiummetallia laitetaan suolahappoliuokseen, tapahtuu seuraava reaktio, jossa muodostuu vetykaasua. Mikä alkuaine hapettuu ja mikä pelkistyy?



Reaktiossa magnesiummetalli hapettuu luovuttaessaan elektroneja suolahapon vetyatomeille. Reaktiossa muodostuu vetykaasua eli suolahapon (HCl) vetyionit ottavat vastaan elektroneja ja pelkistyvät kaasumaiseksi vedyksi.

10.7 a) Mitä jaloja metalleja tunnet?

Jalometalleihin luetaan kupari (Cu), elohopea (Hg), hopea (Ag), platina (Pt), kulta (Au) ja myös palladium (Pd).

b) Kerro, mitä jaloja metalleja on kotonasi ja koulussasi. Millaisissa esineissä niitä käytetään?

Kotona on useimmiten hopeaa, kultaa ja mahdollisesti vanhoissa kuumemittareissa elohopeaa.

10.8 Millä erilaisilla keinoilla rautaa voi suojata ruostumiselta eli hapettumiselta?

Rautaa suojataan ruosteenestokäsittelyillä (massaus, maalaus). Suojaus voidaan tehdä myös pinnoittamalla rautaa epäjalommilla metalleilla, kuten sinkityksellä tai kromauksella. Raudan hapettumista voidaan estää myös valmistamalla terässeos, joka ei ruostu. Tällaiseen terässeokseen lisätään kromia, nikkeliä ja mahdollisesti molybdeeniä.

10.9 Mitä aineelle tapahtuu, kun se

a) hapettuu

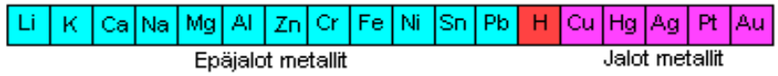
Kun aine hapettuu, sen atomit tai ionit luovuttavat elektronin tai elektroneja.

b) pelkistyy

Kun aine pelkistyy, sen atomit tai ionit ottavat vastaan elektronin tai elektroneja.

10.10 Mikä on metallien sähkökemiallinen jännitesarja?

Metallien sähkökemiallisessa jännitesarjassa metallit on esitetty niin, että helpoimmin hapettuva metalli on vedyn vasemmalla ja huonoimmin hapettuva metalli vedyn oikealla puolella.



10.11 Kumpi alkuaine seuraavissa metallipareissa hapettuu helpommin? Ympyröi oikea vaihtoehto.

a) Zn ja Fe b) Zn ja Al c) Cu ja Au

a) Zn b) Al c) Cu

10.12 Kirjoita ionin kaava, joka muodostuu, kun

a) kalium hapettuu

Kun K-atomi hapettuu, muodostuu K^+-ioni. Muodostuu yhden elektronin menettänyt kaliumioni, koska K kuuluu alkalimetallien pääryhmään, jotka luovuttavat helposti yhden ulkoelektroninsa.

b) happi pelkistyy

Kun O-atomi pelkistyy, muodostuu O^{2-}-ioni. Happi kuuluu pääryhmään 16, jonka atomeilta puuttuu oktetista 2 elektronia. Pelkistymällä eli ottamalla vastaan 2 elektronia happi saa 8 ulkoelektronia eli oktetin. Samalla siitä muodostuu O^{2-}-ioni.

c) jodi pelkistyy

Kun I-atomi pelkistyy, muodostuu I^--ioni. Jodi kuuluu halogeeniryhmään 17. Tämän ryhmän atomeilta puuttuu vain yksi elektroni 8 elektronin oktetista. Kun jodiatomi ottaa vastaan yhden elektronin, se pelkistyy jodidi-ioniksi (I^-).

d) alumiini hapettuu

Kun alumiini hapettuu, muodostuu Al^{3+}-ioni. Alumiini kuuluu ryhmään 13, joten se pystyy luovuttamaan kolme ulkoelektroniaan ja samalla hapettuu alumiini-ioniksi (Al^{3+}).

10.13 Kirjoita reaktioyhtälö:

a) $Fe^{2+} + Cu$ Ei tapahdu, koska rauta on epäjalompi kuin kupari.

b) $Ni^{2+} + Mg$ $Ni^{2+} + Mg \rightarrow Ni + Mg^{2+}$

c) $Ag^{+} + Pb$ $Ag^{+} + Pb \rightarrow Ag + Pb^{+}$

d) $Zn^{2+} + Pb$ Ei tapahdu, koska sinkki on epäjalompi kuin lyijy.

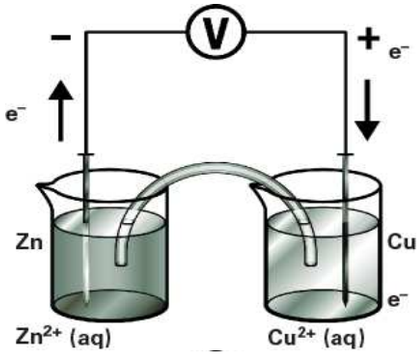
10.14 a) Mikä on sähkökemiallinen pari?

Sähkökemiallinen pari on hapettuvasta ja pelkistyvästä metallista muodostettu pari, jossa metallit ovat elektrolyyttiliuoksissa. Liuoksia yhdistää huokoinen kalvo tai suolasilta. Sähkökemiallinen pari on esimerkiksi normaali paristo, jossa toinen napa on grafiittia ja toinen sinkkiä. Elektrolyyttinä on ammoniumkloridiliuos.

b) Mitä tarvitaan sähkökemiallisen parin muodostamiseksi?

Sähkökemiallisen parin muodostamiseen tarvitaan metallit, joista toinen on jalo ja toinen epäjalo. Metallit asetetaan liuoksiin, joissa on kyseisen metallin suolaa liuotettuna veteen. Liuokset yhdistetään ioneja johtavalla suolasillalla.

10.15 Kummalla galvaanisen kennon elektrodilla tapahtuu hapettuminen: sinkkianodilla vai kuparikatodilla?



Hapettuminen tapahtuu sinkkianodilla, josta irtoaa sinkki-ioneja. Sinkkiatomien hapettuessaan luovuttamat elektronit lähtevät siirtymään johdinta pitkin kuparikatodille. Galvaanisesta kennosta muodostuva sähkövirta kuljettaa elektroneja kuparikatodille, jossa ne sitoutuvat liuoksessa oleviin kupari-ioneihin. Tällöin muodostuu varauksettomia kupariatomeja. Kupari-ionit siis pelkistyvät kuparikatodilla.

10.16 Selvitä, mitä tapahtuu, kun lyijyakkua kuormitetaan. Mitä puolestaan tapahtuu akkua ladattaessa?

Kun lyijyakkua kuormitetaan eli siihen on kytketty sähköä kuluttava laite, akussa tapahtuu reaktioita negatiivisilla levyillä ja positiivisilla levyillä.

Negatiiviset levyt	(lataus) $PbSO_4 + 2^{e-} \rightarrow Pb + SO_4^{2-}$	Syntyy lyijyatomeja (Pb) lyijysulfaatti-ionin hajotessa.
	(purku) $Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2^{e-}$	Lyijyatomit hapettuvat akkua käytettäessä taas ioneiksi, jolloin muodostuu lyijysulfaattisuolaa $PbSO_4$.

Positiiviset levyt	(lataus) $PbSO_4 + 2H_2O \rightarrow PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2^{e-}$	Latauksen aikana lyijysulfaatin sulfaatti-ionit ja akun vesi muodostavat rikkihappoa, joka voidaan havaita akun nesteen tiheyden suurenemisena.
	(purku) $PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2^{e-} \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$	Akkua kuormitettaessa akun rikkihappo ja lyijyoksidi positiivisilla levyillä reagoivat, jolloin muodostuu lyijysulfaattia $PbSO_4$.

10.17 Miksi syntyy rakennusvirhe, jos taloon rakennetaan kuparilevyistä katto, joka kiinnitetään rautanauloilla?

Rautanaulat ovat kuparipeltiä epäjalompaa materiaalia. Naulat hapettuvat eli ruostuvat kosteuden ja metallien sähkökemiallisen eroavuuden takia poikki melko pian.

10.18 Seuraavat yhdisteet ovat muodostuneet hapettumis-pelkistymisreaktiolla alkuaineistaan. Mikä aine on hapettunut ja mikä pelkistynyt? Perustele.

a) kupari(II)oksidi, CuO

Kupariatomi on hapettunut ja luovuttanut hapettuessaan 2 elektronia. Happiatomi on puolestaan vastaanottanut ne eli pelkistynyt.

b) rautasulfidi, FeS_2

Rauta-atomi on hapettunut ja luovuttanut 2 elektroniaan rikkiatomille. Samalla rikkiatomi pelkistyy sulfidi-ioniksi (S^{2-}).

c) alumiinikloridi, $AlCl_3$

Alumiiniatomi on hapettunut ja luovuttanut 3 elektroniaan klooriatomeille. Kukin kloori on ottanut pelkistyessään vastaan yhden elektronin eli yhteensä kolme elektronia.

d) natriumbromidi, NaBr.

Natriumatomi on luovuttanut yhden elektroneistaan eli hapettunut. Bromiatomi on puolestaan vastaanottanut sen ja samalla pelkistynyt.

10.19 Päättele metallien sähkökemiallisen jännitesarjan perusteella, mitä tapahtuu, kun

a) pala magnesiumnauhaa pudotetaan sinkkikloridiliuokseen $ZnCl_2$

Magnesium alkaa hapettua ja luovuttaa elektroneja. Samalla sinkki-ionit liuoksesta saavat elektroneja eli pelkistyvät sinkiksi.

b) pala sinkkimetallia laitetaan magnesiumkloridiliuokseen $MgCl_2$.

Sinkkimetalli ei reagoi magnesiumkloridiliuoksessa, koska sinkki on magnesiumia jalompi metalli eikä siis hapetu.

10.20 Kirjoita reaktioyhtälö etanolin täydellisestä palamisesta, kun etanolin (C_2H_5OH) ja hapen reagoidessa syntyy hiilidioksidia ja vettä.

$C_2H_5OH + 2O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$

etanoli + happi $\rightarrow$ hiilidioksidi + vesi

Tasapainotetussa reaktioyhtälössä on nyt hiiltä C, happea O ja vetyä H on yhtä paljon yhtälön molemmilla puolilla.

10.21 Täydennä seuraaviin reaktioihin tuotteet ja kertoimet.

a) $Mg + O_2 \rightarrow$

$\mathbf{2}Mg + O_2 \rightarrow MgO$

Tasapainotetussa reaktioyhtälössä on yhtä paljon magnesiumia ja happea reaktioyhtälön molemmilla puolilla.

b) $Al + O_2 \rightarrow$

$\mathbf{4}Al + \mathbf{3}O_2 \rightarrow Al_2O_3$

Tasapainotetussa reaktioyhtälössä on alumiinia ja happea yhtä paljon yhtälön molemmilla puolilla.

10.22 Miksi sitruunasta saadaan sähköä, jos siihen upotetaan sinkkimetallilevy ja kuparimetallilevy? Mitä tapahtuu, jos levyt kytketään johtimilla LED-lamppuun?

Sinkkimetallilevy toimii toisena napana (+) ja kuparimetalli toisena napana (–). Sitruunan hapan mehu toimii elektrolyyttiliuoksena, joka kykenee johtamaan sähköä siinä olevien happamuutta aiheuttavien vetyionien ansiosta. Jos levyt kytketään LED-lamppuun oikein päin, lamppu syttyy.

10.23 Mikä ero on galvaanisen kennon ja elektrolyysikennon toiminnassa?

Galvaaninen kenno tuottaa sähköä, kun kemiallinen hapettumis-pelkistymisreaktio tapahtuu. Elektrolyysikennoon on syötettävä sähköä, jotta haluttu kemiallinen reaktio tapahtuisi.

10.24 Mitkä seuraavista reaktioista ovat hapettumis-pelkistymisreaktioita? Ympyröi oikeat vaihtoehdot.

a) $Ca^{2+} + 2F^{-} \rightarrow CaF_2$

b) $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

c) $NH_3 + H^{+} \rightarrow NH_4^{+}$

d) $Fe^{2+} + Cu \rightarrow Fe + Cu^{2+}$?

Ratkaisu: b) ja d)

Reaktiossa b) sinkkiatomi luovuttaa 2 elektronia, jolloin muodostuu Zn^{2+}-ioni. Tämä ioni sitoutuu kahden kloridi-ionin (Cl^{-}) kanssa sinkkikloridisuolaksi ($ZnCl_2$).

Reaktiossa d) rautaioni vastaanottaa elektroneja kupariatomeilta ja pelkistyy rauta-atomiksi. Samalla kupariatomit siis hapettuvat kupari-ioneiksi (Cu^{2+}).

10.25 Propaanin palamisessa syntyy hiilidioksidia ja vettä. Kuinka paljon 11 kg:sta propaania muodostuu hiilidioksidia kilogrammoina?

Reaktioyhtälö: $C_2H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

Vinkki: Laske ensin propaanin ainemäärä ja muodosta verranto ainemäärien ja reaktioyhtälön kertoimien avulla.

Propaanin molekyylipaino saadaan seuraavasti:

$$M_{C_3H_8} = (3 \cdot 12,01 + 8 \cdot 1,008)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 44,094\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

ja ainemäärä

$$n = \frac{m}{M} = \frac{11000\ \text{g}}{44,094\ \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 249,467\ \text{mol}$$

Reaktioyhtälön perusteella saadaan ainemääräsuhteeksi

$$\frac{n_{C_3H_8}}{1} = \frac{n_{CO_2}}{3}$$

$$n_{CO_2} = 3 \cdot n_{C_3H_8}$$

$$n_{CO_2} = (12,01 + 2 \cdot 16)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 44,01\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Hiilidioksidin massa saadaan ainemäärän ja molekyylipainon avulla. Hiilidioksidin molekyylipaino on

$$M_{CO_2} = (12,01 + 2 \cdot 16)\tfrac{\text{g}}{\text{mol}} = 44,01\tfrac{\text{g}}{\text{mol}}$$

eli hiilidioksidia muodostuu

$$m = nM = 748,401\ \text{mol} \cdot 44,01\tfrac{\text{g}}{\text{mol}} = 32937,128\ \text{g} \approx 33\ \text{kg}$$

10.26 Voitaisiinko raudan hapettuminen tulevaisuudessa kokonaan estää jonkin pintakäsittelyn tai aineen avulla?

a) Mitä haittaa olisi siitä, että laivat, autot, sillat ja talojen teräsrakenteet pysyisivät ruostumattomina?

Ei enää tarvittaisi yrityksiä, jotka korjaavat ruostevaurioita tai estävät raudan ruostumista.

b) Mitä hyötyä olisi siitä, että laivat, autot, sillat ja talojen teräsrakenteet pysyisivät ruostumattomina?

Ruostumisen estämisellä saavutettaisiin maailmanlaajuisesti huomattavia hyötyjä. Rautaa sisältävät rakenteet pysyisivät kunnossa.

10.27 Selvitä rautanaulan kohtalo erilaisissa liuoksissa.

Laita rautanaulat astioihin, joissa on

a) vettä puoleen väliin naulan pituutta

b) suolaliuosta (vettä + ruokasuolaa) puoleen väliin naulan pituutta

c) suolaliuosta (vettä + ruokasuolaa) puoleen väliin naulan pituutta ja kuparinaula.

d) Upota rautanaula veteen, jonka päällä on kerros ruokaöljyä.

Mitä nauloille tapahtuu muutaman päivän kuluessa?

Ei mallivastausta

10.28 Miten metalliesine pinnoitetaan kuparilla elektrolyysin avulla?

Ei mallivastausta

10.29 Miten perunasta ja sitruunasta saadaan syntymään sähköä?

Ei mallivastausta

10.30 Hopeaesineet kiillotetaan seuraavasti: Tummuneet esineet laitetaan rypistetyn alumiinifolion päälle astiaan. Päälle kaadetaan kuumaa vettä, kunnes esineet ovat veden peitossa, minkä jälkeen veteen lisätään ruokasuolaa ja reaktion annetaan tapahtua.

Mitä hopeaesineille tapahtuu ja miksi?

Huuhtele lopuksi hopeaesineet huolellisesti puhtaalla vedellä.

Ei mallivastausta

11.1 Milloin vesiliuos on hapan? Ympyröi oikeat vaihtoehdot.

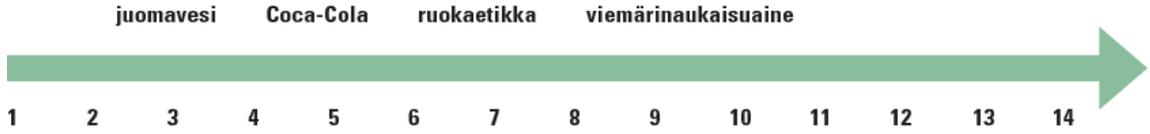
a) kun siinä on enemmän OH^--ioneja kuin H^+-ioneja

b) kun siihen on lisätty happoa enemmän kuin emästä

c) kun OH^- -ionien määrä on pienempi kuin H^+-ionien määrä

Ratkaisu: b) ja c)

11.2 Yhdistä nuolilla pH-asteikolle seuraavat aineet:

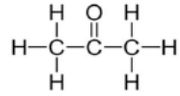


juomavesi 7
Coca-Cola 3–4
ruokaetikka 3
viemärinaukaisuaine 12–13

11.3 Mikä ioni on yhteistä kaikilla hapoilla?

Vetyioni eli protoni (H^+)

11.4 Ympyröi seuraavista molekyyleistä hapot:

HF $Ca(OH)_2$ HNO_3 H_2SO_4  CH_3COOH

Ratkaisu: HF, HNO_3, H_2SO_4 ja CH_3COOH

11.5 Minkä seuraavista varoitusmerkeistä tulee olla happo- tai emäspullon etiketissä? Ympyröi oikea vaihtoehto.

a) b) c) d) e)

Ratkaisu: c)

11.6 Mitä tapahtuu neutraloitumisessa?

Neutraloitumisessa happo ja emäs reagoivat keskenään, jolloin syntyy suolaa ja vettä. Muodostuvan liuoksen pH-arvo muuttuu reaktion ansiosta arvoon 7.

11.7 Kuinka monta millilitraa 12 t-%:n suolahappoa on lisättävä (HCl) 50 millilitraan 12 t-%:n natriumhydroksidiliuosta (NaOH)?

Yhtä monta millilitraa saman väkevyistä suolahappoa eli 50 ml, koska neutraloitumisreaktion moolisuhde on tässä tapauksessa 1:1.

11.8 Millainen aine on

a) happo

Happo on aine, joka pystyy luovuttamaan protonin eli vetyionin (H^+).

b) emäs

Emäs on aine, joka pystyy vastaanottamaan protonin eli vetyionin (H^+).

11.9 Kumpi luovuttaa protonin, happo vai emäs?

Happo luovuttaa protonin.

11.10 Nimeä seuraavat hapot ja emäkset:

HCl	suolahappo	NaOH	natriumhydroksidi
HNO_3	typpihappo	$Ca(OH)_2$	kalsiumhydroksidi
H_2SO_4	rikkihappo	KOH	kaliumhydroksidi
H_3PO_4	fosforihappo	NH_3	ammoniakki
HF	fluorivetyhappo	$Mg(OH)_2$	magnesiumhydroksidi

11.11 Onko liuos hapan, neutraali vai emäksinen, kun sen pH on

a) 1,57 hapan, koska pH-arvo on alle 7

b) 13,25 emäksinen, koska pH-arvo on yli 7

c) 7,00? neutraali

11.12 Miten väkevä happo laimennetaan turvallisesti?

Lisätään väkevä happo varovaisuutta noudattaen ja henkilökohtaisia suojaimia (suojalasit, suojakäsineet, suojapuku) käyttäen veteen. ”Ensin vesi sitten happo, ettei tule sormeen rakko!”

11.13 Mitä aineita muodostuu seuraavassa neutraloitumisreaktiossa?

$HNO_3 + KOH \rightarrow KNO_3 + HOH$

typpihappo + kaliumhydroksidi → kaliumnitraatti (suola) + vesi

11.14 Mitä happoa ja emästä tarvitaan, jotta seuraavat suolat saataisiin muodostumaan?

a) kaliumnitraatti (KNO_3)

Tarvitaan kaliumhydroksidia (KOH) ja typpihappoa (HNO_3)

$KOH + HNO_3 \rightarrow KNO_3 + H_2O$

b) natriumsulfaatti (Na_2SO_4)

Tarvitaan natriumhydroksidia (NaOH) ja rikkihappoa (H_2SO_4)

$2NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$

c) kalsiumfluoridi (CaF_2)

Tarvitaan kalsiumhydroksidia ($Ca(OH)_2$) ja fluorivetyhappoa (HF)

$Ca(OH)_2 + 2HF \rightarrow CaF_2 + 2H_2O$

11.15 Kirjoita reaktioyhtälöt, kun

a) suolahappo ja kaliumhydroksidi neutraloituvat

$HCl + KOH \rightarrow KCl + H_2O$, muodostuu kaliumkloridisuolaa ja vettä.

b) ammoniakki ja typpihappo neutraloituvat.

$NH_3 + H_2O + HNO_3 \rightarrow NH_4^+ + OH^- + H^+ + NO_3^- \rightarrow NH_4NO_3 + H_2O$, reaktiovälivaiheen kautta muodostuu ammoniumnitraattisuolaa ja vettä.

11.16 Mitkä ovat seuraavien yhdisteiden vastinhapot ja vastinemäkset:

a) vetysulfaatti-ioni (HSO_4^-)

Vetysulfaatti-ionin (HSO_4^-) vastinhappo on rikkihappo (H_2SO_4) ja vastinemäs sulfaatti-ioni (SO_4^{2-}).

b) hydroksidi-ioni (OH^-)

Hydroksidi-ionin (OH^-) vastinhappo on (H_2O) ja vastinemäs oksidi-ioni (O^{2-}).

c) ammonium-ioni (NH_4^+)

Ammonium-ionin (NH_4^+) vastinemäs on (NH_3). Vastinhappoa ammoniumionilla ei ole.

d) fosforihappo (H_3PO_4)?

Fosforihapon (H_3PO_4) vastinemäs on ($H_2PO_4^-$). Fosforihapolla ei ole vastinhappoa.

11.17 Mikä seuraavissa reaktioissa olevista aineista on emäs ja mikä aineista on happo:

a) $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$

Happoja ovat ammoniumioni (NH_4^+) ja vesimolekyyli (H_2O), koska ne pystyvät toimimaan protonin (H^+-ionin) luovuttajina. Emäksiä ovat ammoniakki (NH_3) ja hydroksidi-ioni (OH^-), koska ne voivat vastaanottaa protonin eli H^+-ionin.

b) $HNO_3 + H_2O \rightarrow NO_3^- + H_3O^+$

Happoja ovat typpihappo (HNO_3) ja oksoniumioni (H_3O^-), koska ne pystyvät toimimaan protonin (H^+-ionin) luovuttajina. Emäksiä ovat vesimolekyyli (H_2O) ja nitraatti-ioni NO_3^-), koska ne voivat vastaanottaa protonin eli H^+-ionin.

c) $H_3PO_4 + NaOH \rightarrow NaH_2PO_4 + H_2O$?

Happona on fosforihappo (H_3PO_4), ja emäksenä toimii natriumhydroksidi (NaOH). Fosforihappo voi luovuttaa vetyioneja ja natriumhydroksidi puolestaan pystyy vastaanottamaan niitä.

11.18 Mitkä seuraavista reaktioista ovat neutraloitumisreaktioita? Perustele.

a) $Pb + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + 2H^+$

b) $KOH + HNO_3 \rightarrow KNO_3 + H_2O$

c) $CH_3COOH + H_2O \rightarrow CH_3COO^- + H_3O^+$

d) $H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$

Reaktiot b) ja d) ovat neutraloitumisreaktioita, koska niissä happo ja emäs reagoivat muodostaen vettä ja suolaa. Reaktio d):ssä tapahtuu ns. veden autoprotolyysi ja muodostuu vain vettä.

11.19 Minkä hapon ja emäksen neutraloitumisessa voisi syntyä ammoniumkloridia (NH_4Cl) eli salmiakkia? Miten?

Kun suolahapon (HCl) ja ammoniakin (NH_3) annetaan reagoida vesiliuoksessa keskenään, muodostuu neutraloitumisreaktiossa suolana ammoniumkloridia (NH_4Cl) ja vettä (H_2O)

$HCl + NH_3 + H_2O \rightarrow H^+ + Cl^- + NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_4Cl + H_2O$

11.20 Maapallolla suuri määrä ihmisistä kärsii puhtaan veden puutteesta. Selvitä, olisiko tulevaisuudessa mahdollista puhdistaa kaikki käyttämämme vesi niin hyvin, että se voitaisiin kierrättää uudelleen juomavedeksi.

Ei mallivastausta

2.34 Kuinka paljon 10 kg vettä lämpenee, kun lämmitykseen kuluu 1 600 kJ energiaa?

$m = 10$ kg

$Q = 1\ 600$ kJ

$$c = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\,^\circ\text{C}}$$

Energia saadaan lausekkeesta $Q = mc\Delta t$. Ratkaistaan lämpötilan muutos Δt:

$$Q = mc\Delta t \,|: mc$$

$$\Delta t = \frac{Q}{mc}$$

Sijoitetaan lukuarvot:

$$\Delta t = \frac{Q}{mc} = \frac{1600 \text{ kJ}}{10 \text{ kg} \cdot 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\,^\circ\text{C}}} = 38,0952\,^\circ\text{C} \approx 38\,^\circ\text{C}$$

Vastaus:

Vesi lämpenee 38 °C.

2.35 Autonosturin männän pinta-ala on 0,15 m2, ja siihen vaikuttaa 1 100 kN:n voima. Kuinka suuri paine männässä on?

$A = 0,15\ \text{m}^2$, $F = 1\ 100$ kN

$$\text{Paine on } p = \frac{F}{A} = \frac{1100 \text{ kN}}{0,15 \text{ m}^2} = 7333,33 \text{ kPa} \approx 7,3 \text{ MPa}$$

Vastaus:

Paine on 7,3 MPa.

2.36 Kuinka suurella voimalla auton jarrupoljinta täytyy painaa, jotta 400 mm^2:n kokoinen mäntä aiheuttaa 3 MPa:n paineen?

$A = 400\ \text{mm}^2 = 0,000400\ \text{m}^2$, $p = 3$ MPa

$$\text{Paine on } p = \frac{F}{A}$$

Ratkaistaan voima:

$$p = \frac{F}{A} \,| \cdot A$$

$$pA = F$$

Sijoitetaan lukuarvot:

$$F = pA = 3000000 \text{ Pa} \cdot 0,000400 \text{ m}^2 = 1200 \text{ N} \approx 1,2 \text{ kN}$$

Vastaus:

Voima on 1,2 kN.

2.37 Suihkussa käydessä käytetään 10 litraa lämmintä vettä. Vesi lämmitetään sähkölämmittimellä 10 °C:n lämpöisestä 60 °C:n lämpöiseksi.

a) Kuinka paljon tarvitaan energiaa veden lämmitykseen?

$m = 10\ \text{kg}$

$\Delta t = 60\ °\text{C} - 10\ °\text{C} = 50\ °\text{C}$

$$c = 4,2\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\,^{\circ}\text{C}}$$

Tarvittava energia saadaan kaavasta $Q = mc\Delta t$.

Sijoitetaan lukuarvot:

$$Q = mc\Delta t = 10\ \text{kg} \cdot 50\ ^{\circ}\text{C} \cdot 4,2\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\,^{\circ}\text{C}} = 2100\ \text{kJ} = 2,1\ \text{MJ}$$

Vastaus:

Energiaa kuluu 2,1 MJ.

b) Kuinka paljon suihkussa käynti maksaa lämpimän veden osalta, jos sähköenergian hinta on 0,10 €/kWh?

Energian yksiköksi tuli a-kohdassa MJ. Muutetaan megajoulet kilowattitunneiksi (kWh).

$$1\ \text{kWh} = 1000\frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 3600\ \text{s} = 3,6\ \text{MJ}$$

$$1\ \text{MJ} = \frac{1}{3,6}\text{kWh}$$

Kulutus oli nyt 2,1 MJ eli

$$2,1 \cdot \frac{1}{3,6}\text{kWh} = 0,58333\ \text{kWh}$$

Hinta on

$$0,10\frac{€}{\text{kWh}} \cdot 0,58333\ \text{kWh} = 0,058333\ € \approx 0,06\ €$$

Vastaus:

Veden lämmitys maksaa 0,06 euroa eli 6 senttiä.

2.38 a) Kuinka paljon energiaa sitoutuu lämminvesivaraajaan, jos vesi lämmitetään 5 °C:n lämpöisestä 60 °C:n lämpöiseksi? Lämminvesivaraajan tilavuus on 500 l.

$V = 500\ \text{l} = 500\ \text{dm}^3$.

$\Delta t = 60\ °\text{C} - 5\ °\text{C} = 55\ °\text{C}$

$$c = 4,2\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\,^\circ\text{C}}$$

Veden massa m saadaan tilavuudesta V ja tiheydestä ρ lausekkeella $m = \rho V$.

Veden tiheys on ρ = 1,0 kg/dm^3. Siten

$$m = 1,0\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 500\ \text{dm}^3 = 500\ \text{kg}$$

Tarvittava energia saadaan kaavasta $Q = mc\Delta t$.

Sijoitetaan lukuarvot:

$$Q = mc\Delta t = 500\ \text{kg} \cdot 55\,^\circ\text{C} \cdot 4,2\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\,^\circ\text{C}} = 115500\ \text{kJ} = 115,5\ \text{MJ}$$

Vastaus:

Energiaa sitoutuu 115,5 MJ.

b) Kuinka kauan lämmitys kestää, jos varaajan teho on 1 000 W ja hyötysuhteen oletetaan olevan 100 %?

$P = 1\ 000\ \text{W}$

$Q = E = 115,5\ \text{MJ}$

Ratkaistaan aika t tehon kaavasta $P = \frac{E}{t}$.

$$P = \frac{E}{t} \Big| \cdot t$$

$$Pt = E \Big| : P$$

$$t = \frac{E}{P}$$

Sijoitetaan lukuarvot:

$$t = \frac{E}{P} = \frac{115,5\ \text{MJ}}{1000\ \text{W}} = \frac{115500000\ \text{J}}{1000\ \frac{\text{J}}{\text{s}}} = 115500\ \text{s} = \frac{115500}{3600}\ \text{h} = 32,0833\ \text{h} \approx 32\ \text{h}$$

Vastaus:

Aikaa kuluu noin 32 h.

2.39 Miten edellisen tehtävän vastaus muuttuisi, jos lämminvesivaraajan neste olisikin etanolia?

Etanolin ominaislämpökapasiteetti on $2{,}43\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\,^{\circ}\text{C}}$, joka on noin puolet veden ominaislämpökapasiteetista. Siten energiaa kuluisi vain puolet ja aikaa kuluisi samoin noin puolet.

Laskettuna:

$$Q = mc\Delta t = 500\ \text{kg} \cdot 55\,^{\circ}\text{C} \cdot 2{,}43\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\,^{\circ}\text{C}} = 66825\ \text{kJ} = 66{,}8\ \text{MJ}$$

$$t = \frac{E}{P} = \frac{66{,}825\ \text{MJ}}{1000\ \text{W}} = \frac{66825000\ \text{J}}{1000\ \frac{\text{J}}{\text{s}}} = 66825\ \text{s} = \frac{66825}{3600}\ \text{h} = 18{,}5625\ \text{h} \approx 19\ \text{h}$$

Vastaus:

a) Energiaa sitoutuu 66,8 MJ. b) Aikaa kuluu noin 19 h.

2.40 a) Kuinka paljon tarvitaan energiaa, jotta 10 kg 0 °C:n lämpöistä vettä saadaan lämpiämään 30 °C:n lämpöiseksi?

$m = 10\ \text{kg}$

$\Delta t = 30\ °\text{C} - 0\ °\text{C} = 30\ °\text{C}$

$$c = 4,2\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

Energia saadaan lausekkeesta $Q = mc\Delta t$.

Sijoitetaan lukuarvot:

$$Q = mc\Delta t = 10\ \text{kg} \cdot 30^\circ\text{C} \cdot 4,2\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 1260\ \text{kJ}$$

Vastaus:

Energiaa tarvitaan 1 260 kJ.

b) Kuinka paljon tällä energialla lämpenisi sama määrä etanolia?

$m = 10\ \text{kg}$

$Q = 1260\ \text{kJ}$

$$c = 2,43\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

Ratkaistaan lämpötilan muutos:

$$Q = mc\Delta t \,|: mc$$

$$\Delta t = \frac{Q}{mc}$$

Sijoitetaan lukuarvot:

$$\Delta t = \frac{Q}{mc} = \frac{1260\ \text{kJ}}{10\ \text{kg} \cdot 2,43\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}} = 51,85^\circ\text{C} \approx 52^\circ\text{C}$$

Vastaus:

Etanoli lämpiää 52 °C.

2.41 Nelihenkinen perhe käytti vettä 115 dm^3/hlö/vrk. Lämpimän veden osuus oli 40 %. Jos vettä lämmitetään 50 °C, kuinka paljon energiaa kuluu vuodessa veden lämmittämiseen?

Kukin perheenjäsen käytti vuorokaudessa vettä 115 dm^3 eli 115 kg. Yhteensä siis vettä kului $4 \cdot 115$ kg = 460 kg. Lämmintä vettä käytettiin 40 % kaikesta vedestä eli yhteensä $0{,}40 \cdot 460$ kg = 184 kg. Vuodessa on vuorokausia 365 kpl, joten lämmintä vettä kului vuodessa yhteensä $365 \cdot 184$ kg = 67160 kg.

$m = 67160$ kg

$\Delta t = 50$ °C

$$c = 4{,}2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

Energia saadaan lausekkeesta $Q = mc\Delta t$. Sijoitetaan lukuarvot:

$$Q = mc\Delta t = 67160\text{kg} \cdot 4{,}2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 50^\circ\text{C}$$

$$= 14103600 \text{ kJ}$$

$$= 14103{,}6 \text{ MJ} \approx 14000 \text{ MJ}$$

Vastaus:

Energiaa kuluu 14 000 MJ.

2.42 Kuinka monta kilogrammaa vettä voidaan lämmittää 20 °C:sta 100 °C:seen, kun käytettävissä on 2 000 kJ energiaa?

$\Delta t = 80$ °C

$Q = 2\,000$ kJ

$$c = 4{,}2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

Energia saadaan lausekkeesta $Q = mc\Delta t$. Ratkaistaan massa m.

$$Q = mc\Delta t \,\big|: c\,\Delta t$$

$$m = \frac{Q}{c\Delta t}$$

Sijoitetaan lukuarvot:

$$m = \frac{Q}{c\Delta t} = \frac{2000 \text{ kJ}}{4{,}2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 80^\circ\text{C}} = 5{,}9524 \text{ kg} \approx 6 \text{ kg}$$

Vastaus:

Vettä voidaan lämmittää 6 kg.

2.43 Huoneen ulkoseinän pinta-ala on 25 m^2 ja seinän U-arvo 0,25 W/Km^2. Kuinka suurella teholla lämpöä johtuu seinän läpi, jos sisälämpötila on 22 °C ja ulkolämpötila on –8 °C

$U = 0,25 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2\,^\circ\mathrm{C}}$

$A = 25\ \mathrm{m}^2$

$\Delta t = 22\ ^\circ\mathrm{C} - (-8\ ^\circ\mathrm{C}) = 30\ ^\circ\mathrm{C}$

Lämmön siirtymisteho saadaan lausekkeesta $P = UA\Delta t$. Sijoitetaan lukuarvot:

$$P = UA\Delta t = 0,25 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2\,^\circ\mathrm{C}} \cdot 25\ \mathrm{m}^2 \cdot 30\,^\circ\mathrm{C} = 187,5\ \mathrm{W} \approx 190\ \mathrm{W}\ .$$

Vastaus:

Lämpöä siirtyy 190 W:n teholla.

2.44 Ulkovaraston ulkoseinien paksuus on 10 cm, lämmönjohtavuuskerroin 0,15 W/m °C ja seinän pinta-ala 25 m^2. Lämpötila seinän sisä- ja ulkopinnan välillä on 20 °C. Kuinka suurella teholla lämpöenergiaa siirtyy seinien läpi?

$\lambda = 0,15 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}\,^\circ\mathrm{C}}$

$A = 25\ \mathrm{m}^2$

$\Delta t = 20\ ^\circ\mathrm{C}$

$l = 0,10\ \mathrm{m}$

Lämmön siirtymisteho saadaan lausekkeesta $P = \lambda A \frac{\Delta t}{l}$. Sijoitetaan lukuarvot:

$$P = \lambda A \frac{\Delta t}{l} = 0,15 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}\,^\circ\mathrm{C}} \cdot 25\ \mathrm{m}^2 \cdot \frac{20\ ^\circ\mathrm{C}}{0,10\ \mathrm{m}} = 750\ \mathrm{W}$$

Vastaus:

Lämmön siirtymisteho on 750 W.

2.45 Lämpöpatterin tuloveden lämpötila on 60 °C ja lähtöveden 35 °C. Kuinka suurella teholla patteri lämmittää huonetta, jos sen läpi kulkee 20 dm^3 vettä tunnissa?

$\Delta t = 60\ °C - 35\ °C = 25\ °C$

$V = 20\ dm^3$

$t = 1\ h = 3\ 600\ s$

Teho saadaan laskettua, kun lasketaan luovutettu energia ja jaetaan se ajalla.

Energia saadaan yhtälöstä $Q = mc\Delta t$.

Veden massa m saadaan tilavuudesta V ja tiheydestä ρ lausekkeella $m = \rho V$.

Veden tiheys on ρ = 1,0 kg/dm^3.

Siten

$$m = 1{,}0\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 20\ \text{dm}^3 = 20\ \text{kg}$$

Energia on

$$Q = mc\Delta t = 20\ \text{kg} \cdot\ 4{,}2\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\,^\circ\text{C}} \cdot 25\,^\circ\text{C} = 2100\ \text{kJ}$$

ja teho on

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{2100\ \text{kJ}}{3600\ \text{s}} = 0{,}5833\ \text{kW} = 583{,}33\ \text{W}\ \approx\ 580\ \text{W}$$

Vastaus:

Teho on 580 W.

2.46 Kaasupullon tilavuus on 2,4 dm^3, ja kaasun paine on 1,2 MPa. Kuinka suuri on kaasun tilavuus, kun se on päästetty ulkoilmaan. Ilmanpaine ulkona on 1 030 hPa.

$V_1 = 2{,}4\ dm^3$, $p_1 = 1{,}2$ MPa, $p_2 = 1\ 030$ hPa $= 0{,}1030$ MPa

Boylen lain mukaan

$p_1V_1 = p_2V_2$

Ratkaistaan lopputilavuus V_2:

$p_1V_1 = p_2V_2 \,|: p_2$

$$\frac{p_1V_1}{p_2} = V_2$$

Sijoitetaan lukuarvot:

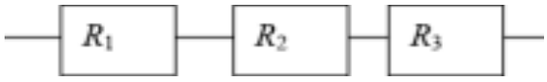
$$V_2 = \frac{p_1V_1}{p_2} = \frac{1{,}2\ \text{MPa} \cdot 2{,}4\ \text{dm}^3}{0{,}1030\ \text{MPa}} = 27{,}9612\ \text{dm}^3 \approx 28\ \text{dm}^3$$

Vastaus:

Kaasun tilavuus on 28 dm^3.

3.37 Kaksi 220 Ω:n vastusta ja 110 Ω:n vastus kytketään sarjaan.

a) Piirrä kytkennän kuva.



b) Kuinka suuri on kytkennän kokonaisresistanssi?

Koska kyseessä on sarjaan kytkentä, kokonaisresistanssi saadaan resistanssien summana.

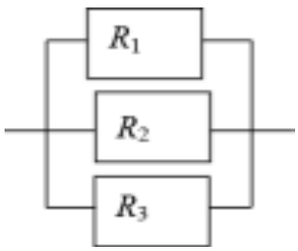
$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 220\ \Omega + 220\ \Omega + 110\ \Omega = 550\ \Omega$$

Vastaus:

Resistanssi on 550 Ω.

3.38 Kaksi 220 Ω:n vastusta ja 110 Ω:n vastus kytketään rinnan.

a) Piirrä kytkennän kuva.



b) Kuinka suuri on kytkennän kokonaisresistanssi?

Koska kyseessä on rinnankytkentä, kokonaisresistanssin käänteisluku saadaan resistanssien käänteislukujen summana.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{220\ \Omega} + \frac{1}{220\ \Omega} + \frac{1}{110\ \Omega}$$

$$= 0{,}004545\ \frac{1}{\Omega} + 0{,}004545\ \frac{1}{\Omega} + 0{,}009090\ \frac{1}{\Omega}$$

$$= 0{,}01818\ \frac{1}{\Omega}$$

Siten

$$R = \frac{1}{0{,}01818}\ \Omega = 55{,}00550\ \Omega \approx 55\ \Omega$$

Vastaus:

Resistanssi on 55 Ω.

3.39 9,0 V:n polttimo kytkettiin sarjaan etuvastuksen kanssa 24 V:n jännitteeseen.

a) Kuinka suurta sähkövirtaa virtamittari näyttää?

$U = 9{,}0\ \text{V}$, $R = 18\ \Omega$

Sijoitetaan lukuarvot

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9{,}0\ \text{V}}{18\ \Omega} = 0{,}5\ \text{A}$$

b) Kuinka suuri jännite etuvastuksessa on?

Komponentit on kytketty sarjaan, joten kokonaisjännite on jännitteiden summa. Koska kokonaisjännite on 24 V ja polttimon jännite on 9,0 V, etuvastuksen jännite on $24\ \text{V} - 9{,}0\ \text{V} = 15\ \text{V}$.

c) Kuinka suuri virta etuvastuksessa on?

Koska kyseessä on sarjaankytkentä, sähkövirta on sama kuin polttimossa eli 0,5 A.

d) Kuinka suuri etuvastuksen teho on?

Teho on

$$P = UI = 15\ \text{V} \cdot\ 0{,}5\ \text{A} = 7{,}5\ \text{W}$$

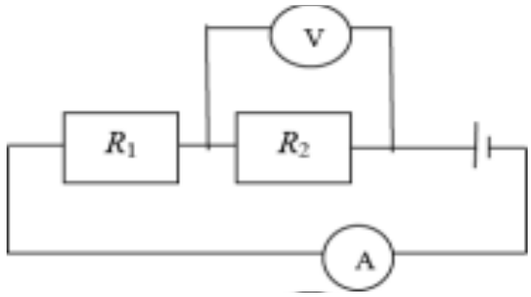
e) Kuinka suuri polttimon teho on?

Teho on

$$P = UI = 9{,}0\ \text{V} \cdot\ 0{,}5\ \text{A} = 4{,}5\ \text{W}$$

3.40 Kaksi 110 Ω:n vastusta kytkettiin sarjaan ja nämä sarjaankytketyt vastukset 9,0 V:n paristoon. Kytkentään lisättiin vastusten ja jännitelähteen väliin virtamittari, jolla mitattiin piirin sähkövirtaa. Kytkentään lisättiin vielä jännitemittari mittaamaan sarjassa jälkimmäisen vastuksen jännitettä.

a) Piirrä kytkennän kytkentäkaavio.



b) Merkitse mittareiden viereen niiden näyttämät lukemat.

$R_1 = R_2 = 110\ \Omega$, U = 9,0 V

Kokonaisresistanssi on

$$R = R_1 + R_2 = 110\ \Omega + 110\ \Omega = 220\ \Omega$$

Sähkövirta on

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9{,}0\ \text{V}}{220\ \Omega} = 0{,}040909\ \text{A} \approx 0{,}041\ \text{A}$$

Jännite on

$$U = RI = 110\ \Omega \cdot 0{,}040909\ \text{A} = 4{,}4999\ \text{V} \approx 4{,}5\ \text{V}$$

c) Mikä olisi jännitemittarin lukema, jos se siirretään toisen vastuksen rinnalle?

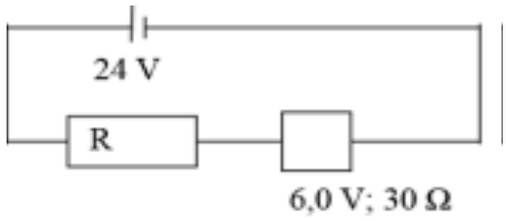
Koska vastusten resistanssit ovat yhtä suuret, lukema olisi sama.

d) Mikä on virtamittarin lukema, jos se siirretään vastusten väliin?

Koska kaikki komponentit (vastukset ja jännitelähde) ovat sarjassa, sähkövirta on yhtä suuri joka paikassa piirissä. Virtamittari näyttäisi siis samaa lukemaa.

3.41 Laite, jonka resistanssi on 30 Ω ja käyttöjännite 6,0 V, kytketään 24 V:n jännitelähteeseen. Koska laite ei kestä näin suurta jännitettä, sen kanssa kytketään sarjaan etuvastus.

a) Piirrä kytkennän kuva.



b) Kuinka suuri on etuvastuksen resistanssi?

Koska laite ja etuvastus on kytketty sarjaan, etuvastuksen jännite $U = 24\ \text{V} - 6{,}0\ \text{V} = 18\ \text{V}$.

Laitteen sähkövirta on

$$I = \frac{U}{R} = \frac{6\ \text{V}}{30\ \Omega} = 0{,}2\,A\,.$$

Etuvastuksen resistanssi on

$$R = \frac{U}{I} = \frac{18\ \text{V}}{0{,}2\ \text{A}} = 90\ \Omega$$

Vastaus:

Resistanssi on 90 Ω.

3.42 Kuinka monta kierrosta on muuntajan toisiopuolella, jos ensiöpuolella on 5 kierrosta ja ensiöpuolen jännite on 12 V ja toisiopuolen jännite 20 000 V?

$N_1 = 5$, $U_1 = 12\ \text{V}$, $U_2 = 20\,000\ \text{V}$

Ratkaistaan muuntajan yhtälöstä toisiopuolen kierrosluku N_2.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} \Big| \cdot N_2$$

$$N_1 = \frac{U_1 N_2}{U_2} \Big| \cdot U_2$$

$$N_1 U_2 = U_1 N_2 \Big| : U_1$$

$$\frac{N_1 U_2}{U_1} = N_2$$

Sijoitetaan lukuarvot:

$$N_2 = \frac{N_1 U_2}{U_1} = \frac{5 \cdot 20\,000\ \text{V}}{12\ \text{V}} = 8\,333{,}33 \approx 8\,300$$

Vastaus:

Toisiopuolella on kierroksia 8 300 kappaletta.

3.43 Missä tilanteessa muuntajan toisiopuoleen kytketty jännitemittari näyttää suurinta lukemaa?

Suurin jännite on kohdassa a). Muuntajassa jännite muuntuu ensiö- ja toisiokäämien kierrosten mukaisessa suhteessa. Kohdassa a) suhde on suurin.

3.44 Missä tilanteessa muuntajan toisiopuoleen kytketty jännitemittari näyttää suurinta lukemaa?

Kohdassa c), sillä jokaisessa muuntajassa on samat kierrosluvut mutta kohdan c) ensiöpuolella on suurin jännite. Siksi myös toisiopuolella on siinä suurin jännite.

4.10 Millainen ääni on häiritsevää?

Voimakas melu on häiritsevää ääntä, mutta sen tunteminen häiritseväksi on kuulijan herkkyydestä ja asenteesta kiinni.

4.11 Miten melulta voi suojautua?

Melulta voidaan suojautua käyttämällä henkilökohtaisia kuulosuojaimia aina, kun melutaso ylittää 80 dB.

4.12 Mitä terveyshaittoja melu voi aiheuttaa?

Melu voi aiheuttaa kuulovaurion (kuulon heikkenemän), tinnituksen, väsymystä ja stressiä.

4.13 Etsi internetistä tietoa ja selvitä, miten ultraääntä sovelletaan

a) mittaustekniikassa

b) kaikuluotauksessa

c) kalaparven etsimisessä

d) metalliesineiden rakennevikojen etsimisessä.

Ei mallivastauksia

4.14 Pidä kahta paperiarkkia edessäsi. Alemman paperin tulee olla noin 1 cm:n edempänä kuin ylempi paperi. Puhalla suoraan kohti papereita. Mitä tapahtuu?

Ei mallivastausta

4.15 Mieti, miltä äänetön maailma tuntuisi.

Ei mallivastausta

5.14 Kuvaile lyhyesti seuraavia ilmiöitä:

a) valon polarisaatio

Valo koostuu tavallisesti useaan eri suuntaan värähtelevästä sähkömagneettisesta säteilystä. Polarisaatiossa vain tietty värähtelysuunta säilyy.

b) valon interferenssi.

Valon interferenssi tarkoittaa kahden tai useamman valoaallon yhteisvaikutusta.

5.15 Mihin valon ominaisuuteen perustuvat seuraavat sovellukset:

a) nopeustutka

Nopeustutka perustuu mm. Dopplerin ilmiöön.

b) aurinkolasit

Aurinkolasit perustuvat valon voimakkuuden heikkenemiseen, kun valo kulkee aineessa. Polaroid-aurinkolasit perustuvat polarisaatioilmiöön.

c) DVD-levy?

DVD-levy perustuu valon interferenssiin.

5.16 Testaa, ovatko polaroid-aurinkolasisi todella polaroivat. Katso polaroid-lasien läpi metallipinnasta heijastuvaa valoa. Jos valon kirkkaus vaihtelee, lasit ovat polaroivat. Toista testi katsomalla matkapuhelimen näyttöä. Jos laseja kiertäessä näyttö jossakin vaiheessa pimenee, lasit ovat polaroivat.

Ei mallivastausta

6.9 Mitä kuvaavat seuraavat suureet:

a) aktiivisuus

Aktiivisuus kuvaa, kuinka monta hajoamista aineessa on tapahtunut sekunnin aikana.

b) puoliintumisaika

Puoliintumisaika on aika, jonka aikana puolet radioaktiivisen aineen ytimistä on hajonnut toisiksi ytimiksi.

c) säteilyannos?

Säteilyannos kuvaa säteilyn terveydellistä haittaa. Säteilyannoksen yksikkö on sievert.

6.10 Mikä on

a) fuusio

Fuusio on keveiden atomiytimien yhdistymistä.

b) fissio?

Atomiytimien halkeamista kutsutaan fissioksi. Fissio on nimenomaan raskaiden atomiytimien, kuten uraanin halkeamista.

6.11 Mikä on ketjureaktio?

Ketjureaktio on tapahtumasarja, jossa alkuaineen halkeamisessa vapautuu 2–3 neutronia. Nämä vapautuneet neutronit voivat edelleen halkaista uusia ytimiä.

6.12 Mikä ero on kivihiili- ja ydinvoimalaitoksella?

Kivihiilivoimalaitoksessa vesi kuumenee höyryvoimalaitoksen kattilassa, mutta ydinvoimalaitoksessa vesi kuumenee reaktoripaineastiassa uraanipolttoainesauvojen lomassa.

6.13 Mikä on ydinvoimalaitoksen polttoaine?

Ydinvoimalaitoksen polttoaine on pääasiassa rikastettu uraani.

6.14 Miten ketjureaktiota säädellään ydinvoimalassa?

Ketjureaktiota hallitaan ydinvoimalassa poistamalla vapautuneita ylimääräisiä neutroneja säätösauvoilla. Säätösauvat ovat polttoainesauvojen välissä. Kun vapautunut ylimääräinen neutroni osuu säätösauvaan, se myös jää siihen.

6.15 Kirjoita lyhyt artikkeli aiheesta ”Radon ja minä”. Voit käyttää apuna internetiä tai muuta sopivaa lähdeaineistoa.

Ei mallivastausta

6.16 Radiumin puoliintumisaika on 1 600 vuotta. Radioaktiivisessa näytteessä on 4 g radiumia. Kuinka paljon radiumia siinä on jäljellä 3 200 vuoden kuluttua?

Puoliintumisaikaa merkitään seuraavasti: $T_{1/2} = 1\ 600$ vuotta.

3 200 vuoden aikana esiintyy kaksi puoliintumisaikaa, joten ensimmäinen puoliintuminen tapahtuu 1 600 vuoden kuluttua, jolloin ainetta jää jäljelle

$$\frac{4\ \text{g}}{2} = 2\ \text{g}.$$

Toinen puoliintuminen tapahtuu 3 200 vuoden kuluttua, ja ainetta jää tällöin jäljelle

$$\frac{2\ \text{g}}{2} = 1\ \text{g}.$$

Vastaus:

Radiumia on 3 200 vuoden kuluttua jäljellä 1 g.

6.17 Laske, kuinka paljon massaa muuttuu energiaksi yhden vuorokauden aikana ydinreaktorissa, jonka antama teho on 710 MW. Voimalan hyötysuhde on 30 %.

Hyötysuhde $\eta = 30 = 30/100 = 0{,}3$

$0{,}3 = \dfrac{E_{anto}}{E_{otto}}$, joten $E_{otto} = \dfrac{E_{anto}}{0{,}3}$

$E = 710\ \text{MW} = 710 \cdot 10^6\ \text{W}$

Ydinreaktion yhteydessä vapautuu energiaa $E_{otto} = mc^2$, jossa valon nopeus

$c = 3 \cdot 10^8\ \text{m/s}$.

Saadaan yhtälö

$$\frac{E_{\text{anto}}}{0{,}3} = mc^2 \;\Big|: c^2$$

$$m = \frac{\cdot E_{anto}}{\eta \cdot c^2} = \frac{710 \cdot 10^6 \cdot \text{W}}{0{,}3\left(3 \cdot 10^8 \dfrac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}$$

Tarkistetaan ensin laadut:

$$\frac{\text{W}}{\left(\dfrac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = \frac{\dfrac{\text{J}}{\text{s}}}{\dfrac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = \frac{\dfrac{\text{Nm}}{\text{s}}}{\dfrac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = \frac{\dfrac{\text{kgm} \cdot \text{m}}{\text{s} \cdot \text{s}}}{\dfrac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = \frac{\text{kgm} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2} = \text{kg},$$

joten voidaan suorittaa laskutoimitukset yhtälössä

$$m = \frac{\cdot E_{anto}}{\eta \cdot c^2} = \frac{710 \cdot 10^6 \cdot \text{W}}{0{,}3\left(3 \cdot 10^8 \dfrac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 2{,}629 \cdot 10^{-8}\ \text{kg} = 2{,}629 \cdot 10^{-5}\ \text{g} = 0{,}0000263\ \text{g}$$

Vastaus:

Ydinreaktiossa muuttuu massaa yhden vuorokauden aikana 0,0000263 g eli $2{,}63 \cdot 10^{-5}$ g.

6.18 Selvitä internetistä ja muista tietolähteistä,

a) mikä oli ydinvoimalla tuotetun sähkön osuus Suomessa vuonna 2011

b) mitkä ovat maamme vaihtoehdot sähköntuotannossa, jos ydinvoimalaitoksista luovutaan.

Ei mallivastauksia

8.20 Raakaöljy sisältää hiilivetyjä.

a) Mistä alkuaineista hiilivedyt koostuvat?

Hiilestä (C) ja vedystä (H)

b) Miksi hiilivetyjä käytetään polttoaineina?

Niissä on paljon hiiltä, joka voi yhdistyä palamisreaktiossa hapen kanssa. Samalla vapautuu lämpöä. Useat hiilivedyt syttyvät ja palavat helposti.

c) Mitä yhdisteitä syntyy hiilivedyn palamisessa?

Puhtaassa hiilivedyn palamisessa syntyy hiilidioksidia (CO_2) ja vettä (H_2O).

8.21 Miksi masuuniin laitetaan hiiltä sisältävää koksia?

Koksi muuttuu masuunissa häkäkaasuksi (CO), joka on hyvä pelkistämään oksidina olevaa rautaa. Reaktiossa rautaionit saavat elektroneja ja pelkistyvät metalliseksi raudaksi.

8.22 Muoviastian pohjassa on kuvan mukainen merkintä.
Mikä muovi on kyseessä?
Onko se kerta- vai kestomuovia? Voidaanko se hävittää polttamalla?

Merkintä tarkoittaa suuritiheyksistä polyeteeniä. Tämä muovi on kestomuovi, joka voidaan muuttaa energiaksi polttamalla se polttolaitoksessa. Kotona energiajätettä ei kuitenkaan pidä polttaa. Kotiuuneissa ja takoissa polttolämpötilat nousevat vain muutamaan sataan asteeseen, kun taas voimalassa lämpötilat ovat noin 900–1 400 °C. Suurissa lämpötiloissa palaminen on täydellisempää, ja lisäksi lämpövoimaloissa on savukaasujen puhdistimet, joita kotiuuneissa ei ole.

8.23 Petrokemian tuotteita saadaan raakaöljyä tislaamalla. Tislauskolonnin yläosasta saadaan kaasumaisia orgaanisia yhdisteitä ja kolonnin alaosasta pikeä asfaltin valmistukseen. Kumman tuotteen molekyylirakenne on suurempi?

Tislauskolonnin pohjalta saatava piki sisältää pitkäketjuisia hiilivetyjä. Kun orgaanisen molekyylin pituus kasvaa, kohoaa sen kiehumispiste eli lämpötila, jossa se muuttuu kaasumaiseen olomuotoon. Pitkäketjuiset hiilivedyt eivät kohoa tislauskolonnissa erotusprosessin yläosaan.

8.24 Selluloosa on luonnonkuitu, jota erotetaan puumassasta. Miksi sitä ei valmisteta synteettisesti kuten tekokuituja (esim. polyesteriä)?

Selluloosan synteettinen valmistaminen olisi hyvin kallista, joten on huomattavasti halvempaa erottaa kemikaaleilla selluloosa puumassasta sellunkeittimessä selluloosatehtaalla.

8.25 Mitkä seuraavista väittämistä ovat tosia? Jos kemiallinen reaktio on hidas, sitä voidaan nopeuttaa

a) laskemalla reagoivien aineiden lämpötilaa	epätosi
b) jauhamalla kiinteä, reagoiva aine hienojakoiseksi pölyksi	tosi
c) käyttämällä reaktiossa katalysoivaa ainetta, joka hajoaa reaktion kuluessa ja muuttuu reaktiotuotteiksi	tosi
d) lisäämällä liuosten väkevyyttä reaktioseoksessa.	tosi

8.26 Astiassa on orgaanisista yhdisteistä muodostettu seos. Etiketissä lukee ”Sisältää asetonia, etikkahappoa ja etanolia”. Etsi kyseisten yhdisteiden käyttöturvallisuustiedotteista niiden fysikaaliset ominaisuudet ja pohdi, olisiko ominaisuuksia hyödyntämällä jokin keino, jolla yhdisteet saataisiin erotettua toisistaan.

Ei mallivastausta

8.27 Selvitä eri tietolähteistä (kirjat, internet jne.) kuparinvalmistuksen eri vaiheet kuparimalmista aina valmiiksi kuparisähköjohdoksi asti.

Ei mallivastausta

8.28 Selvitä, millä perusteella ja millaisiin luokkiin auton moottoriöljyt on jaoteltu SAE- ja API-luokituksissa.

Ei mallivastausta

8.29 Tässä luvussa esiteltiin funktionaalisista ryhmistä alkoholit, esterit, ketonit ja karboksyylihapot. Onko olemassa vielä lisää erilaisia funktionaalisia ryhmiä? Etsi tietoa kirjallisuudesta tai internetistä.

Ei mallivastausta

9.15 Kalsiumkarbonaattia punnitaan 200 grammaa. Laske $CaCO_3$:n ainemäärä.

Kalsiumkarbonaatin ainemäärä saadaan lasketuksi $CaCO_3$:n molekyylipainon ja massan $m = 200$ g avulla.

$$M_{CaCO_3} = (40,08 + 12,01 + 3 \cdot 16,00)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 100,09\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{200\,\text{g}}{100,09\frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,9982\,\text{mol}$$

9.16 Mikä on seuraavien yhdisteiden moolimassa:

a) typpihappo (HNO_3)

$$M_{HNO_3} = (1,008 + 14,01 + 3 \cdot 16,00)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 63,018\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

b) ferrisulfaatti ($Fe_2(SO_4)_3$)

$$M_{Fe_2(SO_4)_3} = (2 \cdot 55,85 + 3 \cdot (32,07 + 4 \cdot 16,00))\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 399,91\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

c) natriumkarbonaatti dekahydraatti ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$)?

$$M_{Na_2CO_3} = (2 \cdot 22,99 + 12,01 + 3 \cdot 16,00)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 105,99\frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad \text{ja}$$

$$M_{H_2O} = (2 \cdot 1,008 + 16,00)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 18,016\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

eli koko molekyylin yhteinen moolimassa on

$$M = (105,99 + 10 \cdot 18,016)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 286,15\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

9.17 Jos jokaiselle maapallon 7 miljardille ihmisille jaettaisiin yhdestä moolista yhtä monta 1 sentin kolikkoa, kuinka monta kukin saisi?

Moolin määritelmän mukaan yhdessä moolissa on $6,022 \cdot 10^{23}$ kpl sentin kolikoita. Jos tämä määrä jaetaan 7 miljardille ihmiselle tasan kullekin, saadaan tulos jakolaskulla

$$\text{rahamäärä} = \frac{6,022 \cdot 10^{23}\,\text{snt}}{7 \cdot 10^{9}\,\text{ihminen}} = 86028571428571,43\ \ \text{snt/ ihminen}$$

9.18 Laske, mikä seuraavista kultakimpaleista on arvokkain, a), b) vai c):

a) Kimpale 1 sisältää 9,4 · 1023 kulta-atomia.

b) Kimpale 2:n massa on 290 grammaa.

c) Kimpale 3:n ainemäärä on 1,50 moolia.

d) Selvitä jokaisen kimpaleen ainemäärä käyttämällä yksikkönä moolia sekä massa grammoina.

Kimpaleessa 1 atomimäärä saadaan mooleiksi jakamalla yhden moolin atomien määrällä $6{,}022 \cdot 10^{23}$ kpl/mol.

Siten

$$\text{Kimpale 1} = \frac{9{,}4 \cdot 10^{23}\ \text{kpl}}{6{,}022 \cdot 10^{23}\ \frac{\text{kpl}}{\text{mol}}} = 1{,}561\ \text{mol}$$

Koska kullan atomipaino on M_{Au} =196,97 g/mol, saadaan tämän moolimäärän massaksi

$$m = nM = 1{,}561\,\text{mol} \cdot 196{,}97\,\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 307{,}47\ \text{g}$$

Kimpaleen 2 massa on 290 g, ja se on mooleina

$$n = \frac{m}{M} = \frac{290\,\text{g}}{196{,}97\,\frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1{,}472\ \text{mol}$$

Kimpaleen 3 ainemäärä on 1,50 mol, eli sen massa on

$$m = nM = 1{,}5\ \text{mol} \cdot 196{,}97\,\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 295{,}46\ \text{g}$$

Vastaus:

Kimpale 1 on arvokkain

9.19 Laske, kuinka paljon on mooleina

a) 10 kg rikkiä (S)

Rikin atomipaino on $M_S = 32{,}07$ g/mol.

Kun rikkiä on 10 kg = 10 000 grammaa, saadaan ainemääräksi

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10000\ \text{g}}{32{,}07\ \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 311{,}8179\ \text{mol}$$

Vastaus:

311,8179 moolia

b) 6 grammaa natriumkarbonaattia (Na_2CO_3).

Natriumkarbonaatin molekyylipaino saadaan lasketuksi sen kemiallisen kaavan ilmoittamien atomien atomipainojen avulla.

$$M_{Na_2CO_3} = (2 \cdot 22{,}99 + 12{,}01 + 3 \cdot 16{,}00)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 105{,}99\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Siten 6 grammaa natriumkarbonaattia on mooleina

$$n = \frac{m}{M} = \frac{6\ \text{g}}{105{,}99\ \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0{,}0566\ \text{mol}$$

Vastaus:

0,0566 moolia

9.20 Kuinka paljon on punnittava magnesiumkarbonaattia ($MgCO_3$), kun sitä tarvitaan 0,0240 moolia?

Lähtötietoina on annettu ainemäärä $n = 0{,}0240$ mol ja yhdisteen molekyylipaino saadaan lasketuksi sen sisältämien alkuaineiden atomipainojen avulla.

$$M_{MgCO_3} = (24{,}31 + 12{,}01 + 3 \cdot 16{,}00)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 84{,}32\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Punnittava määrä saadaan lasketuksi seuraavasti:

$$m = nM = 0{,}0240\,\text{mol} \cdot 84{,}32\,\tfrac{\text{g}}{\text{mol}} = 2{,}0237\ \text{g} \approx 2{,}02\,\text{g}$$

Vastaus:

Punnittava määrä on noin 2,02 g

9.21 Laske liuoksen konsentraatio, kun 3 mol kuparisulfaattia liuotetaan 1,5 litraan vettä.

Liuoksen konsentraatio saadaan kaavalla

$$c = \frac{n}{V}$$

$$c = \frac{3\ \text{mol}}{1,5\,\text{l}} = 2\,\frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

Vastaus:

Konsentraatio on $2\frac{\text{mol}}{\text{l}}$

9.22 Laske liuoksen konsentraatio, kun 0,5 g kalsiumkloridia ($CaCl_2$) on liuotettu 100 millilitraksi.

Kalsiumkloridin ainemäärä saadaan massan ja molekyylipainon avulla:

$$M_{CaCl_2} = (40,08 + 2 \cdot 35,45)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 110,98\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,5\ \text{g}}{110,98\frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,00451\ \text{mol}$$

Konsentraatio saadaan kaavalla

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,00451\ \text{mol}}{0,1\,\text{l}} = 0,0451\,\frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

Vastaus:

Konsentraatio on $0,0451\frac{\text{mol}}{\text{l}}$

9.23 Lehmän maidossa on noin 4,5 grammaa maitosokeria eli laktoosia ($C_{12}H_{22}O_{11}$) yhdessä desilitrassa. Mikä on laktoosin konsentraatio maidossa? Ilmoita tulos yksikössä mol/l.

Laktoosin molekyylipaino on

$$M_{C_{12}H_{22}O_{11}} = (12 \cdot 12,01 + 22 \cdot 1,008 + 11 \cdot 16,00)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 342,296\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Lasketaan laktoosin ainemäärä:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4,5g}{342,296\frac{g}{mol}} = 0,01315\ \text{mol}$$

Ainemäärän ja tilavuuden avulla saadaan laskettua liuoksen väkevyys:

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,01315\ \text{mol}}{0,1\,\text{l}} = 0,1315\,\frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

Vastaus:

Konsentraatio on $0,1315\frac{\text{mol}}{\text{l}}$

9.24 Kuinka paljon on punnittava hopeanitraattia ($AgNO_3$), kun valmistetaan 50 millilitraa hopeanitraattiliuosta, jonka konsentraatio on 0,010 mol/l?

Lasketaan ensin hopeanitraatin molekyylipaino:

$$M_{AgNO_3} = (107,87 + 14,01 + 3 \cdot 16,00)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 169,88\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Hopeanitraatin ainemäärä saadaan konsentraation ja tilavuuden avulla:

$$n = cV = 0,010\,\tfrac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 0,050\,\text{l} = 0,0005\,\text{mol}$$

Hopeanitraatin massa saadaan nyt ainemäärän ja molekyylipainon avulla:

$$m = nM = 0,0005\,\text{mol} \cdot 169,88\,\tfrac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,08494$$

joka analyysivaa'an tarkkuudella ilmoitettuna on 0,0849 g

Vastaus:

0,0849 g

9.25 Laske liuoksen konsentraatio, kun

a) 2,0 mol NaCl:a liuotetaan veteen 5,0 litraksi

Lasketaan väkevyys:

$$c = \frac{n}{V} = \frac{2,0\,\text{mol}}{5,0\,\text{l}} = 0,4\,\tfrac{\text{mol}}{\text{l}}$$

b) 20 g NaCl:a liuotetaan veteen 5,0 litraksi.

Natriumkloridin massa m = 20 g ja molekyylipaino

$$M_{\text{NaCl}} = (22,99 + 35,45)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 58,44\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Siispä ainemääräksi saadaan

$$n = \frac{m}{M} = \frac{20\,\text{g}}{58,44\,\tfrac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,3422\,\text{mol}$$

ja väkevyys on siten

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,3422\,\text{mol}}{5,0\,\text{l}} = 0,0684\,\tfrac{\text{mol}}{\text{l}}$$

9.26 Kuinka paljon NaCl:a tarvitaan, kun halutaan valmistaa 2,0 litraa liuosta, jonka konsentraatio on 0,25 mol/l?

Natriumkloridin molekyylipaino on

$$M_{NaCl} = (22,99 + 35,45)\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 58,44\frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Natriumkloridin ainemäärä saadaan konsentraation ja tilavuuden avulla seuraavasti:

$$n = c \cdot V = 0,25\frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 2,0\,\text{l} = 0,5\,\text{mol}$$

Natriumkloridin massa saadaan nyt ainemäärän ja molekyylipainon avulla:

$$m = nM = 0,5\,\text{mol} \cdot 58,44\frac{\text{g}}{\text{mol}} = 29,22\,\text{g}$$

Vastaus:

29,22 g

9.27 Kun vetykaasua poltetaan ylimäärässä happea, muodostuu vettä. Laske, kuinka monta grammaa happea tarvitaan, kun valmistetaan 1 litra vettä. Tapahtuva reaktio voidaan kirjoittaa seuraavasti: $2H_2\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2\,H_2O\,(l)$.
Huom.! 1 litra vettä painaa 1 000 grammaa.

Lasketaan aluksi muodostuvan veden massan perusteella sen ainemäärä

$$n_{H_2O}$$

Veden moolimassa on

$$M_{\mathrm{H_2O}} = (2 \cdot 1,008 + 16,00)\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}} = 18,016\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}}$$

Tällöin veden ainemääräksi saadaan seuraavasti:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1000\ \mathrm{g}}{18,016\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}}} = 55,5062\ \mathrm{mol}$$

Reaktioyhtälön kertoimet ilmoittavat reagoivien aineiden ja muodostuvien reaktiotuotteiden moolisuhteen, eli voidaan kirjoittaa verranto

$$\frac{n_{\mathrm{O_2}}}{1} = \frac{n_{\mathrm{H_2O}}}{2}$$

josta saadaan tarvittavan hapen ainemääräksi

$$n_{\mathrm{O_2}} = \frac{n_{\mathrm{H_2O}}}{2}$$

$$n_{\mathrm{O_2}} = \frac{55,5062\,\mathrm{mol}}{2}$$

$$n_{\mathrm{O_2}} = 27,7531\,\mathrm{mol}$$

Tarvittavan hapen massa saadaan hapen molekyylipainon avulla

$$M_{\mathrm{O_2}} = 2 \cdot 16,00\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}} = 32,00\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}}$$

Tarvittavan hapen massa on siten

$$m = n \cdot M = 27,7531\ \mathrm{mol} \cdot 32,00\ \tfrac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}} = 888,0992\ \mathrm{g} \approx 888,10\ \mathrm{g}$$

Vastaus:

Happea tarvitaan noin 888,10 g.

9.28 Valmistetaan väkevästä typpihaposta (konsentraatio 12,5 mol/l) yksi litra laimennosta, jonka konsentraatio on 0,25 mol/l. Kuinka paljon väkevää typpihappoa joudutaan ottamaan?

Laimennoskaava on

$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$, missä

c_1 = väkevän liuoksen konsentraatio

V_1 = väkevän liuoksen tilavuus

c_2 = laimean liuksen konsentraatio

V_2 = laimean liuoksen tilavuus

Tehtävässä kysytään, kuinka paljon on otettava väkevää liuosta, eli V_1 on tuntematon.

Muut termit laskukaavassa tunnetaan.

Väkevää typpihappoa on otettava laimennokseen

$$V_1 = \frac{c_2 \cdot V_2}{c_1} = \frac{0,25 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 1 \text{l}}{12,5 \frac{\text{mol}}{\text{l}}} = 0,02 \text{l} \text{ eli } 20 \text{ ml}$$

Vastaus:

Väkevää typpihappoa joudutaan ottamaan 20 ml

9.29 Määritä ruokaetikan etikkahappopitoisuus titraamalla sitä tunnetun väkevyisellä NaOH-liuoksella.

Ei mallivastausta

9.30 Mikä on kivennäisveden kalsiumpitoisuus? Selvitä se titraamalla EDTA-liuoksella.

Ei mallivastausta

11.21 Mitä tarkoitetaan seuraavilla termeillä:

a) elinkaari

Elinkaarella tarkoitetaan tuotteen valmistuksen, käytön ja käytöstä poiston eri vaiheita.

b) hiilijalanjälki

Hiilijalanjälki kuvaa kasvihuonekaasujen määrää, joka syntyy tuotteen tai toiminnan elinkaaren aikana.

c) kasvihuoneilmiö

Kasvihuoneilmiöllä tarkoitetaan ilmakehän lämmittävää vaikutusta, jota aiheuttavat ilmakehässä olevat niin sanotut kasvihuonekaasut (vesihöyry, hiilidioksidi, metaani, otsoni ja dityppioksidi).

d) ongelmajäte?

Ongelmajätteen sijaan nykyisin käytetään käsitettä vaarallinen jäte. Vaarallista jätettä on käytöstä poistettu aine tai esine, joka voi väärään paikkaan joutuessaan aiheuttaa erityistä vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

11.22 Mihin jäteastioihin laittaisit seuraavat jätteet:

a) muovinen limonadipullo

energiajäteastiaan

b) muovinen viemäriputken pätkä rakennustyömaalla

sekajäteastiaan, koska materiaali on PVC:tä

c) valumuoteissa käytetyt betoniset laudat

sekajäteastiaan

d) banaaninkuori

biojäteastiaan

e) vanha auton lyijyakku

vaarallisille jätteille tarkoitettuun jäteastiaan

f) tyhjät pahvilaatikot

kartonkikeräysastiaan

g) ruostunut saunan kiuas?

metallikeräysastiaan

11.23 Pohdi, millaisia kuormittavia tekijöitä on opiskelupaikkasi osastolla.

Ei mallivastausta

11.24 Pohdi, mitä jätelajia kotonasi syntyy eniten. Miten kierrätät syntyvät jätteet mahdollisimman tehokkaasti? Voisitko jotenkin vähentää jätteiden kokonaismäärää?

Ei mallivastausta

11.25 Mitä tietoja saadaan kemikaalin välittäjän tai maahantuojan kemikaalin käyttäjälle antamasta käyttöturvallisuustiedotteesta (KTT)?

Käyttöturvallisuustiedotteesta saadaan seuraavat tiedot kemikaalista:

1. Aineen tai seoksen ja yhtiön/yrityksen tunnistetiedot
2. Vaaran yksilöivät tiedot, esimerkiksi syttyvyys tai myrkyllisyys
3. Aineen koostumus ja tiedot ainesosista
4. Ensiaputoimenpiteet
5. Palontorjuntatoimenpiteet
6. Toimenpiteet onnettomuuspäästöissä
7. Käsittely ja varastointiohjeet
8. Toimenpiteet altistumisen ehkäisemiseksi sekä tarvittavat henkilösuojaimet
9. Aineen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet
10. Aineen stabiilisuus ja reaktiivisuus
11. Myrkyllisyyteen liittyvät tiedot
12. Tiedot aineen vaarallisuudesta ympäristölle
13. Jätteiden käsittelyohjeita
14. Kuljetustietoja
15. Lainsäädäntöä koskevia tietoja
16. Mahdollisia muita tietoja

11.26 Mitä seuraavat varoitusmerkinnät tarkoittavat?

a) b) c)

d) e) f)

a) Syttyvä, b) Ympäristövaara, c) Räjähde,
d) Hapettava, e) Välitön myrkyllisyys, f) Krooninen terveyshaitta

11.27 Millä tavoin oman alasi työpaikoilla pyritään vähentämään ympäristöä kuormittavia tekijöitä?

Ei mallivastausta

11.28 Mitä ympäristöä säästäviä tai ympäristön suojelua edistäviä toimia aiot tulevaisuudessa tehdä?

Ei mallivastausta

11.29 Miten pitää hävittää 50 litraa jätteeksi luokiteltua väkevää rikkihappoa?

Se toimitetaan asianmukaisin merkinnöin varustettuna Ekokem Oy:hyn Riihimäelle hävitettäväksi.

11.30 Hae tietoa erilaisten kodin puhdistusaineiden ja polttoaineasemalla myytävien tuotteiden varoitusmerkinnöistä. Mihin vaarallisten kemikaalien luokkiin ne kuuluvat?

Esimerkiksi:

viemärinavausaine = syövyttävä

astianpesukoneen pesuaine = terveyshaitta

tärpätti = terveyshaitta, syttyvä

bensiini = terveyshaitta, syttyvä, ympäristövaarat

11.31 Etsi, millaisia H- ja P-lausekkeiden ohjeita annetaan esimerkiksi pyridiinistä.

Katso ohjetta esimerkiksi osoitteesta

ftp://ftp.mn-net.com/MSDS%20GHS/fi-FI/7014/701480_201_fi-FI_GHS.pdf

11.32 Hiilimonoksidikaasusta ilmoitetaan seuraava HTP-arvo: HTP (8 h) CO 30 ppm. Onko kaasu vaarallista terveydelle?

Kaasu on vaarallista, sillä jo 30 mg:n määrä eli 0,003 %:n pitoisuus on 8 tunnin altistumisella hengenvaarallista.

11.33 Etsi liitteenä olevasta asetonin käyttöturvallisuustiedotteesta aineen HTP-arvot. Mitä muita asioita kemikaalin käyttöturvallisuustiedotteessa kerrotaan?

Asetonin HTP-arvo:

500 ppm (8 h)	630 ppm (15 min)
1 200 mg/m^3 (8 h)	1 500 mg/m^3 (15 min)

Muita käyttöturvallisuustiedotteesta selviäviä asioita:

1. Aineen tai seoksen ja yhtiön/yrityksen tunnistetiedot
2. Vaaran yksilöivät tiedot, esimerkiksi syttyvyys tai myrkyllisyys
3. Aineen koostumus ja tiedot ainesosista
4. Ensiaputoimenpiteet
5. Palontorjuntatoimenpiteet
6. Toimenpiteet onnettomuuspäästöissä
7. Käsittely ja varastointiohjeet
8. Toimenpiteet altistumisen ehkäisemiseksi sekä tarvittavat henkilösuojaimet
9. Aineen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet
10. Aineen stabiilisuus ja reaktiivisuus
11. Myrkyllisyyteen liittyvät tiedot
12. Tiedot aineen vaarallisuudesta ympäristölle
13. Jätteiden käsittelyohjeita
14. Kuljetustietoja
15. Lainsäädäntöä koskevia tietoja
16. Mahdollisia muita tietoja

11.34 Miten puskuriliuos toimii?

Puskuriliuos sisältää sekä happoa että emästä. Kun puskuriliuokseen lisätään happoa, sen emäsmolekyylit neutraloivat lisättyä happoa eikä seoksen pH laske. Kun puskuriliuokseen lisätään emästä, sen happomolekyylit neutraloivat lisättyä emästä eikä seoksen pH-arvo kohoa.

11.35 Miten ympäristöä uhkaavia vaaroja (ilman saastuminen, vesien pilaantuminen, maaperän saastuminen) on mahdollista torjua?

Esimerkiksi:

Ilman saastuminen: polttomoottorien pakokaasukatalysaattorit, savukaasupesurit ja pölysuodattimet, vähemmän polttoainetta kuluttavat moottorit, sähkömoottoreiden lisääminen

Vesien pilaantuminen: tehokkaammat jätevedenpuhdistamot, joihin on liitetty kaikki jätevesiä tuottavat kohteet; peltojen ja soiden valumavesien suodatus/puhdistus

Maaperän saastuminen: estetään päästöjen valuminen maaperään, pilaantuneiden maa-ainesten käsittely

11.36 Tee indikaattorikoe punakaalilla. Raasta punakaalia ja keitä raastetta pienessä määrässä vettä. Kun siivilöit valmiin raastemehun, syntyy kotitekoista pH-indikaattoria. Voit kokeilla indikaattorin värjäytymistä ottamalla eri koeputkiin esimerkiksi ruokaetikkaa, sitruunan mehun vesiliuosta, hanavettä, ruokasoodan vesiliuosta ja konetiskiaineen vesiliuosta. Lisää jokaiseen koeputkeen muutama pisara valmistamaasi punakaali-indikaattoria ja tee havaintoja muodostuneesta väristä.

Ei mallivastausta

1.28 Mikä on voiman tunnus ja yksikkö?

Voiman tunnus on F ja yksikkö newton.

1.29 Mitä kokonaisvoima tarkoittaa?

Kokonaisvoima tarkoittaa kappaleeseen vaikuttavien kaikkien voimien summaa eli resultanttia.

1.30 Määritä kappaleeseen vaikuttava kokonaisvoima sekä laskemalla että piirtämällä.

a) 10 N + 6 N = 16 N (oikealle)

b) 7 N – 3 N = 4 N (oikealle)

c) 5 N + 6 N – 3 N = 8 N (oikealle)

1.31 Miksi retkijakkarassa ja kameran jalustassa on yleensä kolme jalkaa?

Painopiste on jalkojen muodostaman kolmion sisällä.

1.32 Kuinka suuri voima antaa kappaleelle, jonka massa on 5 kg, kiihtyvyyden $2\ \mathrm{m/s^2}$?

Massa $m = 5\ \mathrm{kg}$

Kiihtyvyys $a = 2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

Voima $F = ?$

$F = ma = 5\ \mathrm{kg} \cdot 2\ \mathrm{m/s^2} = 10\ \mathrm{N}$

Vastaus:

10 N:n suuruinen voima

1.33 Polkupyörällä ajetaan 120 km kuudessa tunnissa. Mikä on pyöräilijän keskinopeus? Ilmoita vastaus molemmissa yksiköissä, km/h ja m/s.

$$\text{keskinopeus} = \frac{\text{matka}}{\text{aika}}$$

$$v_k = \frac{s}{t}$$

$s = 120\ \mathrm{km}$

$t = 6\ \mathrm{h}$

Sijoitetaan arvot lausekkeeseen

$$v_k = \frac{\mathrm{s}}{\mathrm{t}} = \frac{120\ \mathrm{km}}{6\ \mathrm{h}} = 20\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = \frac{20\ \mathrm{m}}{3{,}6\ \mathrm{s}} = 5{,}5556\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 5{,}6\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Vastaus:

Keskinopeus on 20 km/h ja 5,6 m/s.

1.34 Amerikkalainen laivaston sotilas juoksee 2 mailia 14 minuutissa, kun taas hänen suomalainen toverinsa juoksee 3 km 12 minuutissa. Kumpi juoksee nopeammin? Maili on 1 609 m.

Amerikkalainen sotilas juoksee matkan $s_1 = 2 \cdot 1\ 609\ \text{m} = 3\ 218\ \text{m}$ ajassa $t_1 = 14\ \text{min} \cdot 60\ \text{s} = 840\ \text{s}$.

$$v_2 = \frac{s}{t} = \frac{3\ 218\ \text{m}}{840\ \text{s}} = 3{,}83\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 3{,}8\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Suomalainen sotilas juoksee matkan $s_2 = 3\ 000$ m ajassa $t_2 = 12\ \text{min} \cdot 60\ \text{s} = 720\ \text{s}$.

$$v_2 = \frac{s}{t} = \frac{3\ 000\ \text{m}}{720\ \text{s}} = 4{,}16\frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 4{,}2\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Vastaus:

Suomalainen sotilas juoksee nopeammin.

1.35 Koulun soutujoukkue souti 4 100 m:n kilpailussa ajan 17 min 19 s. Laske soutujoukkueen keskinopeus yksiköissä m/s ja km/h.

$s = 4\ 100$ m

$t = 17\ \text{min}\ 19\ \text{s} = 17 \cdot 60\ \text{s} + 19\ \text{s} = 1\ 039\ \text{s}$

$$v_k = \frac{s}{t} = \frac{4100\ \text{m}}{1039\ \text{s}} = 3{,}946\ \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{3{,}946\,\text{km} \cdot 3{,}6}{\text{h}} = 14{,}2056\ \frac{\text{km}}{\text{h}} \approx 14{,}2\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Vastaus:

Keskinopeus on 3,9 m/s = 14,2 km/h.

1.36 Salaman etäisyyden kilometreinä saa selville, kun laskee sekunnit välähdyksestä jyrinän alkuun ja jakaa luvun kolmella. Valo nimittäin näkyy käytännössä heti, mutta ääni etenee ilmassa vain 330 metriä sekunnissa. Kuinka kaukana ukkonen on, kun välähdyksestä jyrinään kului 36 sekuntia?

Salaman etäisyys kilometreinä on aika t : 3

$t = 36$ s

Etäisyys kilometreinä =

$$\frac{t}{3} = \frac{36}{3}\ \text{km} = 12\ \text{km}$$

Vastaus:

Ukkonen on 12 km:n päässä.

1.37 Laske, kuinka kaukana sinusta salama iski, kun pamaus kuului 1,8 s:n kuluttua salaman leimahduksesta. Äänen nopeus ilmassa on noin 1 200 km/h.

$t = 1{,}8$ s

$$v = 1\,200 \text{ km/ h} = \frac{1\,200\,000 \text{ m}}{3\,600 \text{ s}}$$

$s = ?$

$$s = v \cdot t = \frac{1\,200\,000 \text{ m}}{3\,600 \text{ s}} \cdot 1{,}8 \text{ s} = 600{,}0 \text{ m} = 600 \text{ m}$$

Vastaus:

Salama iski 600 metrin päässä.

1.38 Lentoaseman yhdyskäytävän liukumaton nopeus on 0,5 m/s. Kuinka kauan 60 metrin matka liukumatolla kestää?

$s = 60$ m

$v = 0{,}5$ m/s

$$t = \frac{s}{v} = \frac{60 \text{ m}}{0{,}5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 120 \text{ s} = 2 \text{ min}$$

Vastaus:

Matkustajan eteneminen liukumatolla kestää 2 min.

1.39 Autoilija ajoi neljä tuntia keskinopeudella 80 km/h. Kuinka pitkälle hän pääsi?

$t = 4$ h

$v_k = 80$ km/h

matka $s = ?$

$$\text{matka } s = v \cdot t = \frac{80 \text{ km}}{\text{h}} \cdot 4 \text{ h} = 320 \text{ km}$$

Vastaus:

Autoilija pääsi 320 km:n päähän.

1.40 Autolla ajetaan 72 km/h:n nopeudella 10 sekunnin ajan. Kuinka monta metriä auto etenee?

nopeus $v = 72$ km/h

aika $t = 10$ s

matka $s = ?$

$$s = v \cdot t = \frac{72 \text{ km}}{\text{h}} \cdot 10 \text{ s} = \frac{72 \text{ m}}{3{,}6 \text{ s}} \cdot 10 \text{ s} = 200 \text{ m}$$

Vastaus:

Auto etenee 200 m.

1.41 Miten pitkän matkan fysiikan opettaja Virtanen kulkee, jos hän ajaa moottoripyörällä 80 minuuttia nopeudella 60 km/h?

$t = 80 \text{ min} = 1 \text{ h } 20 \text{ min} = 1{,}33 \text{ h}$

$v = 60 \text{ km/h}$

$s = ?$

$$s = v \cdot t = \frac{60 \text{ km}}{60 \text{ min}} \cdot 80 \text{ min} = 80 \text{ km}$$

Vastaus:

Fysiikan opettaja Virtanen pääsee 80 km:n päähän.

1.42 Kimin Ferrari pysähtyy liikennevaloihin. Laske auton kiihtyvyys, kun valojen vaihduttua ja auton uudelleen käynnistämisestä 2,5 sekunnin kuluttua nopeus on 70 km/h.

kiihtyvyys $a = ?$

aika $t = 2{,}5 \text{ s}$

nopeuden muutos $\Delta v = 70 \text{ km/h}$

Tasaisesti kiihtyvässä liikkeessä

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\frac{70}{3{,}6}\frac{\text{m}}{\text{s}}}{2{,}5 \text{ s}} = 7{,}77 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 7{,}8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Vastaus:

Kiihtyvyys on 7,8 m/s^2.

1.43 Moottoripyörän nopeus nousi 6 sekunnissa 40 km/h:stä 80 km/h:iin. Mikä oli moottoripyörän keskikiihtyvyys?

aika $t = 6 \text{ s}$

$v_1 = 40 \text{ km/h}$

$v_2 = 80 \text{ km/h}$

Nopeuden muutos $v_2 - v_1 = 40 \text{ km/h}$.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\frac{40}{3{,}6}\frac{\text{m}}{\text{s}}}{6 \text{ s}} = 1{,}851 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Vastaus:

Kiihtyvyys oli 2 m/s^2.

1.44 Olet Linnanmäen huvipuiston vuoristoradalla.
Millaisissa radan paikoissa tunnet kiihtyvyyden?

Alamäissä, joissa nopeus kasvaa.

1.45 Hammaspyörän hammasluku on 60 ja pyörimisnopeus 1 200 kierrosta minuutissa. Pyörä pyörittää pienempää hammaspyörää, jonka hammasluku on 24. Mikä on pienemmän hammaspyörän pyörimisnopeus?

Käyttävän hammaspyörän hammasluku $z_1 = 60$.

Käyttävän hammaspyörän pyörimisnopeus $n_1 = 1200$ 1/min.

Käytettävän hammaspyörän hammasluku $z_2 = 24$.

Käytettävän hammaspyörän pyörimisnopeus $n_2 = ?$

Yhtälöstä $n_1 z_1 = n_2 z_2$ voidaan ratkaista n_2:

$$n_2 = \frac{z_1 n_1}{z_2} = \frac{60 \cdot 1200 \frac{1}{\text{min}}}{24} = 3000 \frac{1}{\text{min}}$$

Vastaus:

Pienemmän hammaspyörän pyörimisnopeus on 3 000 1/min.

1.46 a) Kuinka suuri tukivoima sinuun kohdistuu, kun seisot lattialla?

Painon suuruinen, mutta vastakkaissuuntainen. Painon suuruus on $G = mg$.

b) Mistä syistä sinuun kohdistuva pinnan tukivoima voi muuttua?

Tukivoima voi muuttua, jos pinta murtuu.

1.47 a) Auton nopeus on 11 m/s. Autoa jarrutetaan, ja se pysähtyy 6,6 sekunnissa. Laske hidastuvuus jarrutuksessa.

alkunopeus $v_a = 11$ m/s

loppunopeus $v_l = 0$

$t = 6{,}6$ s

Hidastuvuus

$$a = \frac{v_l - v_a}{t}$$

Sijoitetaan annetut lukuarvot:

$$a = \frac{0 - 11\frac{\text{m}}{\text{s}}}{6{,}6\ \text{s}} = 1{,}667\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx -1{,}7\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

b) Kuinka suuret olivat auton liikettä hidastavat voimat, kun auton massa on 1 500 kg?

$$a = 1{,}7\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

m = 1 500 kg

Liikettä vastustavat voimat voidaan ratkaista dynamiikan peruslaista

$F_v = ma$

Sijoitetaan annetut lukuarvot:

$$F_v = 1500\ \text{kg} \cdot 1{,}667\frac{\text{m}}{\text{s}} = 2499{,}9\ \text{N} \approx 2{,}5\ \text{kN}$$

c) Mikä on auton hidastuvuus, kun sitä voitiin jarruttaa ainoastaan 1 200 N:n voimalla?

$m = 1\ 500$ kg

$F_h = -1\ 200$ N

Auton hidastuvuus voidaan laskea dynamiikan peruslaista

$$F_h = ma \,|: \text{m}$$

$$a = \frac{F_h}{m}$$

Sijoitetaan lukuarvot yhtälöön:

$$a = \frac{F_h}{m} = \frac{1200\ \text{N}}{1500\ \text{kg}} = \frac{1200\frac{\text{kgm}}{\text{s}^2}}{1500\ \text{kg}} = -0{,}80\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

1.48 Kuinka suuri on auton massa, kun 2 300 N:n voima antaa sille kiihtyvyyden 1,9 m/s^2?

$F = 2\ 300$ N

$a = 1{,}9$ m/s^2

Auton massa m ratkaistaan dynamiikan peruslain yhtälöstä

$F = ma \,|: \mathrm{a}$

$$\frac{F}{a} = \frac{ma}{a}$$

$$m = \frac{F}{a}$$

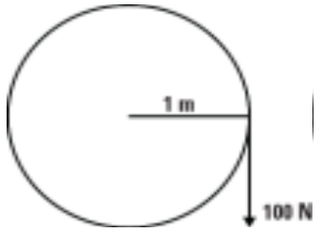
Sijoitetaan annetut lukuarvot:

$$m = \frac{2300\ \mathrm{N}}{1{,}9\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = \frac{2300\ \frac{\mathrm{kgm}}{\mathrm{s}^2}}{1{,}9\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = 1210{,}526\ \mathrm{kg} \approx 1200\ \mathrm{kg}$$

Vastaus:

Auton massa on 1 200 kg

1.49 Kuinka suuri vääntömomentti vaikuttaa kappaleeseen kiertoakseli ympyrän keskipisteessä (säde 1 m)?



Vääntömomentti M = ?

Voima $F = 100$ N.

Voiman vaikutussuoran etäisyys $r = 1$ m.

$M = Fr = 100\ \mathrm{N} \cdot 1\ \mathrm{m} = 100\ \mathrm{Nm}$

Vastaus:

Keskipisteeseen vaikuttaa 100 Nm:n vääntömomentti.

1.50 Auton levypyörä kiinnitetään pyörännapaan yleensä noin 100 Nm:n kiristysmomentilla. Käytössä on vain ristikkoavain, jossa on 1 metrin vääntövarsi. Kuinka suuri paino on sijoitettava vääntövarren päähän, jotta kiristysmomentiksi saataisiin ohjeen mukaisesti 100 Nm?

$M = 100$ Nm

$r = 1{,}0$ m

$F = mg$

$g = 9{,}81$ m/s^2

Ratkaistaan kysytty paino momenttiyhtälöstä $M = Fr$

$$M = Fr = mgr \,\big|\!:\, gr$$

$$m = \frac{M}{gr}$$

Sijoitetaan annetut lukuarvot yhtälöön:

$$m = \frac{M}{gr} = \frac{100\ \text{Nm}}{9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot 1\,\text{m}} = \frac{100\frac{\text{kgm}}{\text{s}^2}}{9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot 1} = \frac{10{,}194\ \text{kgm}\cdot\text{s}^2}{\text{s}^2\text{m}} \approx 10\ \text{kg}$$

Vastaus:

Vääntövarren päähän on sijoitettava 10 kg:n paino.

1.51 Onko 30 N:n voima riittävä irrottamaan autonpyörän pultin, jos pultin aukikiertämiseksi tarvittavan vääntömomentin suuruus on 125 Nm ja momenttivarren pituus on 50 cm?

Voima $F = 30$ Nm

$M_{\text{tarvittava}} = 125$ Nm

$r = 0{,}5$ m

$M_{\text{saatava}} = ?$

Ratkaistaan kysytty momentti yhtälöstä $M = Fr$

Sijoitetaan annetut lukuarvot yhtälöön:

$M_{\text{saatava}} = Fr = 30\ \text{N} \cdot 0{,}5\ \text{m} = 15\ \text{Nm}$

Vastaus:

Voima ei riitä pultin aukaisuun.

1.52 Laske, kuinka pitkä vipuvarsi työkalussa on oltava, jos halutaan saada perämoottorin potkurin pulttiin 78 Nm:n kiristysmomentti niin, että työkalua väännetään 180 N:n voimalla.

Kiristysmomentti $M = 78$ Nm

Voima $F = 180$ N

Vipuvarsi $r = ?$

Ratkaistaan kysytty vipuvarsi momentin yhtälöstä

$M = Fr \,|: F$

$r = \frac{M}{F}$

Sijoitetaan annetut lukuarvot yhtälöön:

$r = \frac{M}{F} = \frac{78 \text{ Nm}}{180 \text{ N}} = 0,433 \text{ m} \approx 0,43 \text{ m}$

Vastaus:

Vipuvarren on oltava 43 cm pitkä.

1.53 Tasaisella tiellä polkupyörän vauhti hiljenee vähitellen, jos polkeminen lopetetaan, ja lopulta vauhti pysähtyy. Kerro, mistä tämä johtuu.

Ilmiö johtuu liikettä vastustavista voimista.

1.54 Miksi talvella käytetään nastarenkaita?

Nastarenkaita käytetään pitävyyden parantamiseksi liikenteessä. Nastarenkaat rikkovat sileän jään ja siten parantavat pitoa.

1.55 a) Minkälaisissa tilanteissa kitkasta on hyötyä?

Ilman auton renkaan ja tien välistä kitkaa auto ei liikkuisi tiellä mihinkään eikä nousisi minkäänlaisen mäen päälle. Auton pysähtyminen jarrutuksessa riippuu renkaan ja tien välisestä kitkasta.

b) Minkälaisissa tilanteissa kitkasta on haittaa?

Koneissa kitka aiheuttaa osien kulumista, ja energiaa kuluu kitkan voittamiseksi.

c) Miten kitkan haittavaikutuksia voidaan pienentää?

Haittaa voidaan pienentää esimerkiksi öljytyillä kuulalaakereilla (esim. polkupyörän keskiöön). Niiden toiminta perustuu siihen, että öljyn avulla pinnat pyörivät eivätkä liu'u toisiaan vasten.

1.56 Millaisia talvikenkiä suosittelisit ystävällesi jäisellä kelillä? Entä millaisia kenkiä tarvitsee ammattimies, joka työskentelee peltikatolla?

Mitä suurempi kitkakerroin on, sitä suurempi myös on kitka. Kengän pohjan materiaali ja kitkakuvio ovat avainasemassa ja tärkeimmät tekijät. Talvikenkiä ei siis pitäisi valita ulkonäön vaan kengän pohjakuvion perusteella. Ammattilaiselle voisi suositella kenkää, jonka pohjamateriaali on kumia ja kitkakuvio selvä ja säännöllinen (vrt. polkupyörän ja auton rengas).

1.57 Mia juoksee 3,5 metriä korkean porrassyöksyn ylös. Mian massa on 45,0 kg. Laske

a) Mian tekemä työ

$h = 3{,}5$ m

$m = 45$ kg

$g = 9{,}81$ m/s^2

Työ = ?

Ratkaistaan kysytty työ nostotyön lausekkeesta

Tehty työ = nostotyö = $W = mgh$

Sijoitetaan lukuarvot lausekkeeseen:

$W = 45$ kg $\cdot$ 9,81 m/s^2 $\cdot$ 3,5 m = 1 545, 07 Nm = 1 545,07 J $\approx$ 1,5 kJ

Vastaus:

Tehty työ on 1,5 kJ.

b) hänen nousutehonsa, kun hän nousee portaat 2,5 sekunnissa.

$t = 2{,}5$ s

$W = 1545{,}075$ J

Nousuteho P = teho P

Ratkaistaan nousuteho lausekkeesta

$$P = \frac{W}{t}$$

Sijoitetaan lukuarvot tehon lausekkeeseen:

$$P = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{t}} = \frac{1545{,}07\ \mathrm{J}}{2{,}5\ \mathrm{s}} = 618{,}03\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}} \approx 620\ \mathrm{W}$$

Vastaus:

Nousuteho on 620 W.

1.58 Laske rullalautailijan liike-energia, kun hänen nopeutensa on 5,5 m/s ja massansa 62 kg.

$E_\mathrm{k} = ?$

Rullalautailijan nopeus $v = 5{,}5$ m/s.

Rullalautailijan massa $m = 62$ kg.

Liike-energia ratkaistaan yhtälöstä

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot mv^2$$

Sijoitetaan lukuarvot:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 62\ \mathrm{kg} \cdot (5{,}5\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}})^2 = 937{,}75\ \mathrm{Nm} \approx 940\ \mathrm{J}$$

Vastaus:

Rullalautailijan liike-energia on 940 J.

1.59 Laske veneen nopeus veneiden ja laivojen nopeuksiin käytettävinä solmuina (kn), kun 15 km:n pituisen matkan kulkeminen kestää 21 min. Ohje: 1 kn on 1,852 km/h.

Solmu (kn) on merimailia tunnissa (1 mpk = 1,852 km/h).

$$\text{Solmu} = \frac{1\,\text{mpk}}{\text{h}} = \frac{1\,852\,\text{m}}{3\,600\,\text{s}} = 0,5144\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$s = 15$ km

$t = 21$ min = 21 h/60

$v = ?$

Sijoitetaan arvot lausekkeeseen:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{15\,\text{mpk}}{\frac{21\,\text{h}}{60}} = \frac{15 \cdot 60\,\text{mpk}}{1,852 \cdot 21\,\text{h}} = 23,14\,\frac{\text{mpk}}{\text{h}} \approx 23\,\frac{\text{mpk}}{\text{h}}$$

Vastaus:

Veneen nopeus on 23 solmua tunnissa.

1.60 Polkupyöräilijä ajaa nopeudella 12 km/h. Alamäessä hänen vauhtinsa kiihtyy, ja mäen alla hänen nopeutensa on 9,72 m/s. Laske pyöräilijän keskikiihtyvyys, kun mäen laskeminen kestää 12 sekuntia.

$t = 12$ s

$$v_1 = 12\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{12\,\text{m}}{3,6\,\text{s}} = 3,33\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_2 = 9,72\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 9,72\,\frac{\text{m}}{\text{s}} - 3,33\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 6,39\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6,39\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{12\,\text{s}} = 0,5325\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 0,53\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Vastaus:

Keskikiihtyvyys on 0,53 m/s^2.

1.61 Auto kulki puolet matkasta nopeudella 50 km/h ja puolet nopeudella 120 km/h. Laske auton keskinopeus.

$v_1 = 50$ km/h

$v_2 = 120$ km/h

$v_k = ?$

$$v_k = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{50\frac{\text{km}}{\text{h}} + 120\frac{\text{km}}{\text{h}}}{2} = 85\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Vastaus:

Auton keskinopeus on 85 km/h.

1.62 Autoilija ajoi matkan ensimmäisen puoliskon keskinopeudella 65 km/h. Laske, kuinka suurella keskinopeudella hänen oli ajettava matkan jälkipuolisko, kun hän halusi koko matkan keskinopeudeksi 82 km/h.

v_1 = ensimmäisen puoliskon keskinopeus 65 km/h

x = toisen puoliskon keskinopeus

v_k = koko matkan keskinopeus 82 km/h

$$v_k = \frac{v_1 + x}{2} \Big| \cdot 2$$

$$2 \cdot v_k = v_1 + x$$

Tästä voidaan ratkaista x:

$x = 2 \cdot v_k - v_1 = (2 \cdot 82 - 65)$ km/h = $(164 - 65)$ km/h = 99 km/h

Vastaus:

Autoilijan oli ajettava matkan jälkipuolisko 99 km/h:n nopeudella.

1.63 Hihnapyörän pyörimisnopeus on 30 1/s, ja sen halkaisija on 320 mm. Kuinka suuri on hihnan kehänopeus (m/s)?

Hihnan nopeus = hihnapyörän kehänopeus liukumattoman hihnan tapauksessa.

Hihnapyörän halkaisija $d = 320$ mm = 0,320 m.

Hihnapyörän pyörimisnopeus $n = 30$ 1/s.

Kehänopeus v ratkaistaan yhtälöstä $v = \pi\, d\, n$

$$v = \pi dn = \pi \cdot 0{,}320\ \text{m} \cdot 30\frac{1}{\text{s}} = 30{,}159\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 30\,\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Vastaus:

Hihnapyörän kehänopeus on 30 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

1.64 Jyrsimen terän halkaisija on 80 mm. Laske jyrsimen terän pyörimisnopeus, kun leikkuunopeudeksi valitaan taulukosta 18 m/min.

Jyrsimen terän halkaisija d = 80 mm = 0,08 m

Jyrsimen terän pyörimisnopeus n = ?

Leikkuunopeus v = 18 m/min

Yhtälöstä $v = \pi dn$ ratkaistaan n:

$$n = \frac{v}{\pi d} = \frac{18\frac{\text{m}}{\text{min}}}{\pi \cdot 0{,}08\,\text{m}} = 71{,}62\frac{1}{\text{min}} \approx 72\frac{1}{\text{min}}$$

Vastaus:

Jyrsimen terän pyörimisnopeus on 72 1/min.

1.65 Pylväsporakoneen poran halkaisija on 18 mm ja pyörimisnopeus 1 300 1/min. Laske poranterän ulkokehän lastuamisnopeus.

Poran halkaisija d = 18 mm = 0,018 m.

Pyörimisnopeus n = 1 300 1/min.

Lastuamisnopeus v = ?

Lastuamisnopeus $v = \pi dn = \pi \cdot 0{,}018$ m $\cdot$ 1 300 1/min = 73,51 m/min $\approx$ 74 m/min.

Vastaus:

Lastuamisnopeus on 74 m/min.

1.66 Penkkihiomakoneen laikan pyörimisnopeus on 2 950 1/min. Työsuorituksessa on käytettävissä ainoastaan 150 mm:n, 200 mm:n ja 250 mm:n laikkoja. Mitä laikkakokoja voidaan käyttää, jos suurin sallittu kehänopeus on ohjekirjan mukaan 35 m/s?

Pyörimisnopeus on n = 2 950 1/min.

Kehänopeus v = 35 m/s = 35 000 mm/s

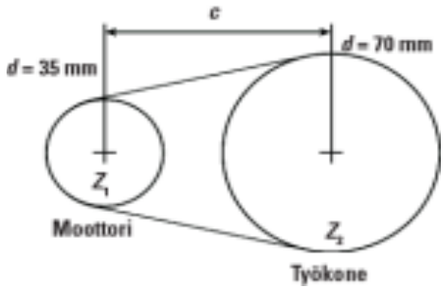
Laikan halkaisija d = ?

$$d = \frac{v}{\pi \text{n}} = \frac{35\,000\frac{\text{mm}}{\text{s}}}{\pi \cdot 2\ 950 \cdot \frac{1}{60\,\text{s}}} = 226{,}59\,\text{mm}$$

Vastaus:

Laikan halkaisijaksi valitaan 200 mm.

1.67 Mikä on työkoneen hihnapyörän Z_2 (d = 70 mm) pyörimisnopeus, jos moottorin Z_1 hihnapyörän pyörimisnopeus on 600 1/min ja hihnapyörän halkaisija d = 35 mm?



Työkoneen hihnapyörän pyörimisnopeus n_2 = ?

Työkoneen hihnapyörän halkaisija d_2 = 70 mm.

Moottorin hihnapyörän pyörimisnopeus n_1 = 600 1/min.

Moottorin hihnapyörän halkaisija d_1 = 35 mm.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$n_2 d_2 = n_1 d_1$

$$n_2 = \frac{n_1 d_1}{d_2} = \frac{600\,\frac{1}{\text{min}} \cdot 35\text{ mm}}{70\text{ mm}} = 300\,\frac{1}{\text{min}}$$

Vastaus:

Moottorin hihnapyörän pyörimisnopeus on 300 1/min.

1.68 Auton nopeus on 120 km/h, ja sen renkaiden halkaisija on 620 mm. Laske renkaan pyörimisnopeus.

$$\text{Auton nopeus } v = 120\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 120\,\frac{\text{m}}{3{,}6\text{ s}} = 33{,}3\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Renkaan halkaisija d = 620 mm = 0,62 m.

Renkaan pyörimisnopeus n = ?

Yhtälöstä $v = \pi d n$ ratkaistaan n:

$$n = \frac{v}{\pi d} = \frac{33{,}3\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\pi \cdot 0{,}62\text{ m}} = 17{,}096\,\frac{1}{\text{s}} \approx 17\,\frac{1}{\text{s}}$$

Vastaus:

Renkaan pyörimisnopeus on 17 1/s.

1.69 a) Mikä on työkoneen akselin pyörimisnopeus, kun moottori pyörii 1 580 1/min ja sen hihnapyörän halkaisija on 200 mm? Työkoneen hihnapyörän halkaisija on 450 mm.

Työkoneen akselin pyörimisnopeus $n_2 = ?$

Työkoneen hihnapyörän halkaisija $d_2 = 450$ mm.

Moottorin hihnapyörän pyörimisnopeus $n_1 = 1\ 580$ 1/min.

Moottorin hihnapyörän halkaisija $d_1 = 200$ mm.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$n_2 d_2 = n_1 d_1$$

$$n_2 = \frac{n_1 d_1}{d_2} = \frac{1580\frac{1}{\text{min}} \cdot 200\text{ mm}}{450\text{ mm}} = 702,22\frac{1}{\text{min}} \approx 700\frac{1}{\text{min}}$$

Vastaus:

Työkoneen akselin pyörimisnopeus on 700 1/min.

b) Mikä on laitteen välityssuhde?

$$\text{Laiteen välityssuhde } i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1580\frac{1}{\text{min}}}{702,22\frac{1}{\text{min}}} = 2,250$$

Vastaus:

Laitteen välityssuhde i on 2,25 eli 2,25:1.

1.70 Työkoneen hammaspyörien välityssuhde on 1:6.

a) Käyttävän hammaspyörän halkaisija on 72 mm.
Mikä on käytettävän hammaspyörän halkaisija?

Työkoneen hammaspyörien välityssuhde i = 1:6.

Käyttävän/moottorin/hammaspyörän halkaisija $d_1 = 72$ mm.

Käytettävän/työkoneen/hammaspyörän halkaisija $d_2 = ?$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad \text{eli}$$

$$i = \frac{d_2}{d_1}$$

$$\frac{1}{6} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$d_2 = \frac{1 \cdot d_1}{6} = \frac{1 \cdot 72\text{ mm}}{6} = 12\text{ mm}$$

Vastaus:

Käytettävän hammaspyörän halkaisija on 12 mm.

b) Kuinka monta kierrosta käytettävä hammaspyörä pyörii minuutissa, kun käyttävän hammaspyörän pyörimisnopeus on 1 500 1/min?

Käyttävä hammaspyörä pyörii n_1 = 1 500 1/min.

Käytettävä hammaspyörä pyörii n_2 = ?

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{1500\frac{1}{\text{min}}}{\frac{1}{6}} = 6 \cdot 1500\frac{1}{\text{min}} = 9000\frac{1}{\text{min}}$$

Vastaus:

Käytettävä hammaspyörä pyörii 9 000 1/min.

1.71 Mikä on moottorista vaihdelaatikkoon menevän kytkinakselin pyörimisnopeus, kun vaihteiston vetopyöriin menevä akseli pyörii 1 500 I/min ja kakkosvaihteen välityssuhde on 2,2:1?

Kakkosvaihteen välityssuhde i = 2,2:1.

Moottorista vaihdelaatikkoon menevän akselin pyörimisnopeus n_1 = ?

Vaihteistosta vetopyöriin menevän akselin pyörimisnopeus n_2 = 1 500 1/min.

$$i = \frac{n_1}{n_2} \Big| \cdot n_2$$

$$n_1 = i n_2 = \frac{2,2}{1} \cdot 1500\frac{1}{\text{min}} = 3300\frac{1}{\text{min}}$$

Vastaus:

Moottorin pyörimisnopeus on 3 300 1/min.

1.72 Auton moottorin kytkinakselin pyörimisnopeus on 4 000 I/min. Vaihteiston ja vetopyörästön välityssuhde on 20:1.

a) Mikä on auton vetävien pyörien kierrosnopeus?

Moottorin pyörimisnopeus n_1 = 4 000 1/min.

Vetävien pyörien pyörimisnopeus n_2 = ?

Vaihteiston ja vetopyörästön välityssuhde i = 20:1.

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{4000\frac{1}{\text{min}}}{\frac{20}{1}} = 200\frac{1}{\text{min}}$$

Vastaus:

Vetävien pyörien pyörimisnopeus on 200 1/min.

b) Mikä on tällöin auton nopeus, kun renkaan halkaisija on 0,62 m?

Auton nopeus = auton pyörän kehänopeus?

Kehänopeus v ratkaistaan yhtälöstä $v = \pi dn$, jossa

$n = 200$ l/min $= 200$ l /60 s

$d = 0{,}62$ m.

Sijoitetaan arvot yhtälöön $v = \pi dn$

$$v = \pi \cdot \frac{200}{60\,\mathrm{s}} \cdot 0{,}62\,\mathrm{m} = 6{,}49\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 6{,}49 \cdot 3{,}6\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 23{,}364\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \approx 23{,}4\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$$

Vastaus:

Auton nopeus on 23,4 km/h.

c) Millä vaihteella kuljettaja todennäköisesti ajaa autoa?

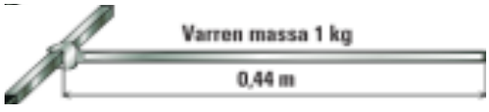
Moottorin pyörimisnopeus $n_1 = 4\,000$ 1/min.

Kierrosnopeus on korkea ja nopeus 23,4 km/h, joten kyseessä on ykkösvaihde.

Vastaus:

Autoa ajetaan ykkösvaihteella.

1.73 Kuinka suuri vääntövaikutus aiheutuu pelkästään työkalun omasta vääntövarren painosta, jos oletetaan, että vääntövarsi on yhtä tiheä joka kohdasta?



$$M = Fr = mgr = \frac{1\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m} \cdot 0{,}22\,\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 2{,}1582\ \mathrm{Nm} \approx 2{,}2\ \mathrm{Nm}$$

Vastaus:

Työkalun omasta painosta aiheutuu 2,2 Nm:n vääntövaikutus.

1.74 Auton jarrurumpua painetaan kahdella jarrukengällä 2 000 N:n voimalla. Kuinka suuren kitkavoiman ne saavat aikaan, kun kitkakerroin jarrurummun ja jarrukengän välissä on 0,35?

Voima $F = 2 \cdot 2\,000$ N $= 4\,000$ N.

Kitkakerroin $\mu = 0{,}35$ jarrurummun ja jarrukengän välissä.

Kitkavoima $F\mu = \mu N = 0{,}35 \cdot 4\,000$ N $= 1\,400$ N.

Vastaus:

Saadaan aikaan 1 400 N:n kitkavoima.

1.75 Auton nopeus kostealla asfalttitiellä on 90,0 km/h. Auton massa on 1 250 kg ja kitkakerroin $\mu = 0{,}60$ Mikä on auton jarrutusmatka?

Auton nopeus $v = 90{,}0$ km/h

Auton massa $m = 1\ 250$ kg

Kitkakerroin $\mu = 0{,}60$

Auton jarrutusmatka $s = ?$

Autoon vaikuttaa voima on $F = ma$, ja autoon kohdistuu kitkavoima $F\mu = \mu mg$.

Auton pysähtymisen ehtona on, että nämä voimat ovat yhtä suuret:

$ma = \mu mg \ \big| : m$

$$\frac{ma}{m} = \frac{\mu mg}{m}$$

Tästä voidaan ratkaista hidastuvuus a:

$a = \mu g = 0{,}6 \cdot 9{,}81\ \text{m/s}^2 = 5{,}886\ \text{m/s}^2 \approx 5{,}90\ \text{m/s}^2$.

Jarrutusmatkaan kuluva aika voidaan laskea yhtälöstä

$v = v_0 + at$, jossa v on loppunopeus = 0, v_0 on alkunopeus = 90 km/h, a on hidastuvuus $-1{,}47\ \text{m/s}^2$.

Koska loppunopeus on nolla,

$0 = v_0 - at$

$at = v_0 \ \big| : a$

Jaetaan yhtälön molemmat puolet a:lla, joten saadaan

$$t = \frac{v}{a} = \frac{\frac{90\,\text{m}}{3{,}6\,\text{s}}}{5{,}886\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 4{,}2474\,\frac{\text{ms}^2}{\text{ms}} = 4{,}25\ \text{s}$$

Koska auton liike hidastuu, tasaisesti hidastuvaan liikkeeseen pätee yhtälö, jossa jarrutusmatka on s, ja sijoittamalla arvot yhtälöön saadaan

$$s = v_0 t - \frac{1}{2}at^2 = 25{,}0\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 4{,}2473\ \text{s} - \frac{1}{2} \cdot 5{,}886 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 4{,}2473^2\ \text{s}^2 = 53{,}092\ \text{m} \approx 53\ \text{m}\ .$$

Vastaus:

Auton jarrutusmatka on 53 m.

1.76 Vuorikiipeilijä aloitti matkansa 720 metrin korkeudelta ja nousi Kebnekaisen huipulle 2 114 metrin korkeudelle.

a) Mikä on vuorikiipeilijän potentiaalienergian muutos eli hänen tekemänsä nostotyö, kun hän painaa 72,0 kg, kiipeilyvarusteet painavat 22,0 kg ja $g = 9{,}81\ \text{m/s}^2$?

Korkeusero $h = 2\ 114\ \text{m} - 720\ \text{m} = 1\ 394\ \text{m}$.

Kiipeilijän kokonaismassa $m = 72\ \text{kg} + 22\ \text{kg} = 94\ \text{kg}$.

Potentiaalienergian muutos, kiipeilijän tekemä nostotyö $W = mgh$.

$$W = 94\ \text{kg} \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1\,394\ \text{m} = 1\,285\,463{,}16\ \text{Nm} = 1\,285\,463{,}16\ \text{J} = 1{,}29\ \text{MJ}$$

Vastaus:

Kiipeilijä tekee nostotyön 1,29 MJ.

b) Kuinka monta voisarvea kiipeilijän olisi syötävä energiantarpeeseensa, jos hän saa yhdestä voisarvesta energiaa 1 500 kJ?

Ruoasta saadaan energiaa $x \cdot 1\ 500\ \text{kJ}$ = tarvittava energia = 1 285,5 kJ, joten tarvitaan

$$x = \frac{1\,285{,}5\ \text{kJ}}{1\,500\ \text{kJ}} = 0{,}86\ \text{kappaletta} \approx 1\ \text{voisarvi}$$

Vastaus:

Yksi voisarvi riittäisi!

c) Todellisuudessa kiipeilijä tarvitsee nousun aikana paljon enemmän energiaa, sillä ihminen pystyy hyödyntämään ruoan sisältämästä energiasta vain noin 10 %. Kuinka monta voisarvea kiipeilijä todellisuudessa tarvitsee kulutukseensa?

Yhdestä voisarvesta saadaan energiaa

$$\frac{10}{100} \cdot 1\,500\ \text{kJ} = 150\ \text{kJ}$$

Tarvitaan energiaa $x \cdot 150\ \text{kJ} = 1\ 285{,}5\ \text{kJ}$, joten

$$x = \frac{1\,285{,}5\ \text{kJ}}{150\ \text{kJ}} = 8{,}6\ \text{kpl} \approx 9\ \text{kpl}$$

Vastaus:

Kiipeilijä tarvitsee 9 voisarvea.

d) Lisäksi ihmisen lihasten käyttämästä energiasta suurin osa muuttuu lämmöksi. Oletetaan, että vuorikiipeilijä käyttää kaikkiaan 5 MJ energiaa nousunsa aikana. Kuinka monta voisarvea hänen pitäisi syödä, jotta hän saisi tämän energiamäärän ravinnosta?

Kokonaisenergian W tarve on 5 MJ.

Tarvitaan (ravintoa) energiaa = kokonaisenergian tarve

$x \cdot 150\ \text{kJ} = 5\ 000\ \text{kJ}$

$$x = \frac{5\,000\ \text{kJ}}{150\ \text{kJ}} = 33{,}3\ \text{kpl} \approx 34\ \text{kpl}$$

Vastaus:

Lämmöntarve huomioon ottaen tarvittaisiin 34 voisarvea.

1.77 Energian säilymislain mukaan kappaleen potentiaalienergia on putoamisen alussa yhtä suuri kuin kappaleen liike-energia putoamisen lopussa. Millä nopeudella kappale osuu maahan, kun se putoaa työmaan telineiltä 6,0 m:n korkeudelta?

Potentiaalienergia $E_p = mgh$.

Kineettinen energia $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, näiden on oltava yhtä suuria

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$2gh = v^2$, otetaan neliöjuuret yhtälön molemmin puolin.

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6{,}0\,\text{m}} = 10{,}8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Vastaus:

Kappale osuu maahan 10,8 m/s:n nopeudella.

1.78 Laske metsästyskiväärin luodin nopeus, kun luodin liike-energia on 4,3 kJ. Luodin massa on 12 g.

Luodin massa m = 12 g.

Luodin nopeus v = ?

Luodin kineettinen energia $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = 4{,}3\,\text{kJ}$, joten

$$v^2 = \frac{2 \cdot 4{,}3\,\text{kJ}}{\text{m}} = \frac{8600\,\text{Nm}}{0{,}012\,\text{kg}}$$

$$v = \sqrt{\frac{8600 \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}}{0{,}012\,\text{kg}}} = 846{,}56 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 850 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Vastaus:

Luodin nopeus on 850 m/s.

1.79 Laske, millä nopeudella uimahyppääjä osuu veteen, kun hän hyppää 10 m:n korkeudelta. Putoamiskiihtyvyys on 9,81 m/s^2.

Energia periaatteella energia alussa = energia lopussa.

Potentiaalienergia = kineettinen energia eli

$E_k = E_P$, jossa korkeus h = 10,0 m.

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = mgh$$

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10 \text{ m}} = 14{,}0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Vastaus:

Uimahyppääjä osuu veteen nopeudella 14 m/s.

1.80 Hallinosturilla nostetaan auto (massa 1 200 kg) 2,0 metrin korkeuteen. Kuinka paljon auton potentiaalienergia kasvaa?

Auton massa m = 1 200 kg

Auton nostokorkeus h = 2,0 m

Potentiaalienergia kasvaa $W = mgh$

Sijoitetaan arvot lausekkeeseen:

$$W = 1200 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2{,}0 \text{ m} = 23\,544 \text{ Nm} = 23{,}5 \text{ kJ}$$

Vastaus:

Auton potentiaalienergia kasvaa 23,5 kJ.

1.81 Laske, kuinka korkealle pesäpallo kohoaa lukkarin kädestä, kun pallon lähtönopeus on 32 km/h.

Pesäpallon lähtönopeus v = 32 km/h.

Energia saadaan periaatteella energia alussa = energia lopussa.

Potentiaalienergia = kineettinen energia eli

$E_P = E_k$, korkeus h = ?

$mgh = \frac{1}{2}mv^2$, josta voidaan ratkaista korkeus h:

$$h = \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{\left(\frac{32 \text{ m}}{3{,}6 \text{ s}}\right)^2}{2 \cdot 9{,}81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 4{,}027 \text{ m} \approx 4{,}0 \text{ m}$$

Vastaus:

Pesäpallo kohoaa lukkarin kädestä 4,0 metrin korkeuteen.

1.82 a) Miksi korkeushypyn ja seiväshypyn alastulopaikat ovat pehmustettuja?

b) Miksi autojen istuimissa käytetään pääntukia?

c) Mikä on auton turvavyön merkitys nokkakolarissa matkustajalle?

d) Miksi kiinni juuttuneen ruuvin irrottamisessa on hiukan arveluttavaa yrittää jatkaa työkalun vartta?

Ei mallivastauksia

1.83 Millä tavoin kitka riippuu

a) kappaleen painosta

b) hankaavien pintojen ominaisuuksista

c) hankaavien pintojen koosta?

d) Kaatuvatko naiset helpommin talvella liukkailla keleillä kuin miehet?

e) Miksi märkä tie on liukkaampi kuin kuiva tie?

Ei mallivastauksia

1.84 Millainen maailma olisi, jos kitkaa ei olisi lainkaan?

Ei mallivastausta

1.85 Miksi ikiliikkujaa ei ole mahdollista rakentaa?

Ei mallivastausta

1.86 Tutki työsalissa olevien työkoneiden (esim. levysirkkelin, pylväsporakoneen, porakoneen, ruuvinvääntimen, tasohöylän ja käsipyörösahan) pyörimisnopeuksia. Pohdi, miksi työsalin laitteissa on eri pyörimisnopeudet.

Ei mallivastausta

1.87 Etsi auton huoltokirjasta tai internetistä tietoa siitä, mihin tiukkuuteen sylinterikannen pultit

a) esikiristetään aluksi

b) kiristetään lopuksi.

Ei mallivastausta

1.88 Aseta pahvi lattialle ja yritä potkaista vauhtia pahvin päältä niin, että toinen jalkasi on lattialla. Pahvin päällä oleva jalkasi on vuorovaikutuksessa pahvin kanssa, joten pahvi lähtee kevyempänä liikkeelle etkä pääse mihinkään. Kokeile!

Ei mallivastausta

1.89 Hiero käsiäsi yhteen. Mitä tapahtuu ja miksi?

Ei mallivastausta

1.90 Tutki kahta erilaista käsipyörösahaa työsalissa. Kokeile sitten näillä kahdella erilaisella käsipyörösahalla kerroskorkeuden eli 280 cm:n pituisen 50 x 100 mm:n soiron eli ”kakkosnelosen” halkaisua rauhallisesti koneen maksimiteholla työskennellen. Koneiden arvokilvissä voi olla esimerkiksi seuraavia merkintöjä: (Makita 5603R) ø 165 mm, ottoteho 1 100 W, n/o 5 000 min–1 tai (Metabo KS66) ø 190 mm, ottoteho 1 400 W, 4 200 rpm.

Ei mallivastausta

Alkuaineiden jaksollinen järjestelmä

PÄÄ-RYHMÄT	1	2											3	4	5	6	7	8
JAKSOT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 **H** vety 1,008																	2 **He** helium 4,003
2	3 **Li** litium 6,941	4 **Be** beryllium 9,012											5 **B** boori 10,81	6 **C** hiili 12,01	7 **N** typpi 14,01	8 **O** happi 16,00	9 **F** fluori 19,00	10 **Ne** neon 20,18
3	11 **Na** natrium 22,99	12 **Mg** magnesium 24,31											13 **Al** alumiini 26,98	14 **Si** pii 28,09	15 **P** fosfori 30,97	16 **S** rikki 32,07	17 **Cl** kloori 35,45	18 **Ar** argon 38,95
4	19 **K** kalium 39,10	20 **Ca** kalsium 40,08	21 **Sc** skandium 44,96	22 **Ti** titaani 47,88	23 **V** vanadiini 50,94	24 **Cr** kromi 52,00	25 **Mn** mangaani 54,94	26 **Fe** rauta 55,85	27 **Co** koboltti 58,93	28 **Ni** nikkeli 58,69	29 **Cu** kupari 63,55	30 **Zn** sinkki 65,38	31 **Ga** gallium 69,72	32 **Ge** germanium 72,59	33 **As** arseeni 74,92	34 **Se** seleeni 78,96	35 **Br** bromi 79,90	36 **Kr** krypton 83,80
5	37 **Rb** rubidium 85,47	38 **Sr** strontium 87,62	39 **Y** yttrium 88,91	40 **Zr** zirkonium 91,22	41 **Nb** niobium 92,91	42 **Mo** molybdeeni 95,96	43 **Tc** teknetium (98)	44 **Ru** rutenium 101,1	45 **Rh** rodium 102,9	46 **Pd** palladium 106,4	47 **Ag** hopea 107,9	48 **Cd** kadmium 112,4	49 **In** indium 114,8	50 **Sn** tina 118,7	51 **Sb** antimoni 121,8	52 **Te** telluuri 127,6	53 **I** jodi 126,9	54 **Xe** ksenon 131,3
6	55 **Cs** cesium 132,9	56 **Ba** barium 137,3	**L**	72 **Hf** hafnium 178,5	73 **Ta** tantaali 180,9	74 **W** volframi 183,8	75 **Re** renium 186,2	76 **Os** osmium 190,2	77 **Ir** iridium 192,2	78 **Pt** platina 195,1	79 **Au** kulta 197,0	80 **Hg** elohopea 200,6	81 **Tl** tallium 204,4	82 **Pb** lyijy 207,2	83 **Bi** vismutti 209,0	84 **Po** polonium (209)	85 **At** astatiini (210)	86 **Rn** radon (222)
7	87 **Fr** frankium (223)	88 **Ra** radium (226)	**A**	104 **Rf** rutherfordium (261)	105 **Db** dubnium (262)	106 **Sg** seaborgium (266)	107 **Bh** bohrium (264)	108 **Hs** hassium (277)	109 **Mt** meitnerium (268)	110 **Ds** darmstadtium (271)	111 **Rg** röntgenium (272)	112 **Cn** copernicium (285)	113 **Uut** Ununtrium (284)	114 **Fl** flerovium (289)	115 **Uup** ununpentium (288)	116 **Lv** livermorium (293)	117 **Uus** ununseptium (294)	118 **Uuo** ununoktium (294)

L	57 **La** lantaani 138,9	58 **Ce** cerium 140,1	59 **Pr** praseodyymi 140,9	60 **Nd** neodyymi 144,2	61 **Pm** prometium (145)	62 **Sm** samarium 150,4	63 **Eu** europium 152,0	64 **Gd** gadolinium 157,3	65 **Tb** terbium 158,9	66 **Dy** dysprosium 162,5	67 **Ho** holmium 164,9	68 **Er** erbium 167,3	69 **Tm** tulium 168,9	70 **Yb** ytterbium 173,1	71 **Lu** lutetium 175,0
A	89 **Ac** aktinium (227)	90 **Th** torium 232,0	91 **Pa** protaktium 231,0	92 **U** uraani 238,0	93 **Np** neptunium (237)	94 **Pu** plutonium (244)	95 **Am** amerikium (243)	96 **Cm** curium (247)	97 **Bk** berkelium (247)	98 **Cf** kalifornium (251)	99 **Es** einsteinium (252)	100 **Fm** fermium (257)	101 **Md** mendelevium (258)	102 **No** nobelium (259)	103 **Lr** lawrencium (262)

kemiallinen merkki → **Ag** ← järjestysluku

suhteellinen **atomimassa** → hopea 107,9 ← alkuaineen **nimi**

Huoneenlämmössä **Li** kiinteä **Hg** neste **H** kaasu

Alkalimetallit	Maa-alkalimetallit	Lantanoidit	Aktinoidit	Siirtymäalkuaineet	Muut metallit	Puolimetallit	Muut epämetallit	Halogeenit	Jalokaasut